COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JANVIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER, puis de M. Charles LALLEMAND.

M. **Louis Bouvier**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1925.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1926.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 179 (2e semestre de l'année 1924) et 180 (1er semestre 1925) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Les numéros du 2e semestre de l'année 1925 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Le volume des tables générales de 1896 à 1910 est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Aucun volume n'a été publié en 1925.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en préparation.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1926 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris. — Les fascicules III et IV sont parus et ont été mis en distribution.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1925.

Section de géographie et navigation. — M. **Louis Gentil**, le 12 juin, à Paris.

Section de chimie. — M. **Albin Haller**, le 29 avril, à Paris.

Section d'économie rurale. — M. **Léon Maquenne**, le 19 janvier, à Paris.

Académiciens libres. — M. **Eugène Tisserand**, le 31 octobre, à Paris.

Membres non résidants. — M. **Wilfrid Kilian**, le 30 septembre, à Grenoble.

Division des applications de la science à l'Industrie. — M. **Charles Rabut**, le 31 mars, à Paris.

Membres élus depuis le 1er janvier 1925.

Section de géographie et navigation. — M. **Eugène Fichot**, le 2 février, en remplacement de M. Émile Bertin, décédé.

Section d'économie rurale. — M. **Gustave André**, le 25 mai, en remplacement de M. Léon Maquenne, décédé.

Division des applications de la science à l'Industrie. — M. **Léon Guillet**, le 22 juin, en remplacement de M. Charles Rabut, décédé.

Associés étrangers. — M. **Kamerlingh Onnes**, le 27 décembre, en remplacement de Sir Archibald Geikie, décédé.

Membres à remplacer.

Section de géographie et navigation. — M. **Louis Gentil**, mort à Paris, le 12 juin 1925.

Section de chimie. — M. **Albin Haller**, mort à Paris, le 29 avril 1925.

Académiciens libres. — M. **Eugène Tisserand**, mort à Paris, le 31 octobre 1925.

Membres non résidants. — M. **Wilfrid Kilian**, mort à Grenoble, le 30 septembre 1925.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1925.

Pour la Section de géographie et navigation. — M. **Hildebrand Hildebrandsson**, le 29 juillet, à Upsala.

Pour la Section de botanique. — M. **Jean Massart**, le 16 août, à Houx-Yvoir, Belgique.

Pour la Section de médecine et chirurgie. — M. **Jean Bergonié**, le 2 janvier, à Bordeaux; M. **Antoine Depage**, le 10 juin, à La Haye.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1925.

Pour la Section d'astronomie. — M. **Luc Picart**, à Bordeaux, le 9 mars, en remplacement de M. Édouard Stephan, décédé.

Pour la Section de physique générale. — M. **Robert Andrews Millikan**, à Pasadena, Californie, le 7 décembre, en remplacement de Sir James Dewar, décédé.

Pour la Section de botanique. — M. **Roland Thaxter**, à Cambridge, Massachusetts, le 2 mars, en remplacement de M. G. B. De Toni, décédé; M. **Henry Scott**, à Londres, le 23 mars, en remplacement de Sir William Christie, décédé.

Pour la Section d'économie rurale. — Sir **John Russell**, à Rothamsted, Angleterre, le 9 mars, en remplacement de M. Serge Winogradsky, élu Associé étranger.

Pour la Section d'anatomie et zoologie. — M. **René Kœhler**, à Lyon, le 16 mars, en remplacement de M. J.-B. Gaillot, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de géométrie. — M. **Claude Guichard**, mort à Paris, le 6 mai 1924.

Pour la Section de géographie et navigation. — M. **Hildebrand Hildebrandsson**, mort à Upsala, le 29 juillet 1925.

Pour la Section de physique générale. — M. **H. Kamerlingh Onnes** élu Associé étranger, le 7 décembre 1925.

Pour la Section de médecine et chirurgie. — M. **Jean Bergonié**, mort à Bordeaux, le 2 janvier 1925; M. **Antoine Depage**, mort à La Haye, Pays-Bas, le 10 juin 1925.

Pour les sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Les correspondants suivants pour la Section d'astronomie : M. **Jacobus Cornelius Kapteyn**, mort à Groningue, Pays-Bas, le 18 juin 1922; M. **H. G. Van de Sande Bakhuyzen**, mort à Leiden, Pays-Bas, le 8 janvier 1923.

B. — Le correspondant suivant pour la Section d'anatomie et zoologie : M. **Eugène Simon**, mort à Paris, le 17 novembre 1924.

C. — Le correspondant suivant pour la Section de botanique : M. **Jean Massart**, mort à Houx-Yvoir, Belgique, le 16 août 1925.

M. **Louis Bouvier**, président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Me voici au terme de la mission annuelle que vous avez bien voulu me confier; votre bienveillance et votre bon vouloir me l'ont rendue aussi agréable que facile et je vous en témoigne ma reconnaissance.

Je suis heureux de saluer les Confrères éminents que vous avez choisis pour prendre place au Bureau; M. Lallemand aura une autorité qu'il tient de sa belle carrière scientifique et des fonctions présidentielles qui lui furent dévolues dans de nombreux Congrès; il trouvera en M. Barrois un coadjuteur digne de lui, pour le renom comme pour les talents.

Avant de quitter ce fauteuil, laissez-moi remercier nos Secrétaires perpétuels, dont le concours me fut aussi nécessaire que précieux, M. Lallemand, qui voulut bien quelquefois diriger nos séances à ma place, laissez-

moi vous remercier tous, une fois encore, pour le grand honneur que vous m'avez fait.

Je retourne à mon modeste rang, où je m'efforcerai de suivre les conseils de silence relatif que je vous ai si copieusement donnés.

En prenant possession du fauteuil de la présidence M. **Charles Lallemand** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

En prenant place à ce fauteuil où, malgré ce qu'en a dit mon trop bienveillant prédécesseur, l'ancienneté, plus que mes faibles mérites, m'ont appelé, j'ai, comme premier devoir, de vous dire toute ma gratitude pour le grand honneur que vous m'avez fait. La meilleure façon, pour moi, de vous remercier, sera, j'imagine, de remplir en conscience mes nouvelles fonctions, je veux dire de me faire, dans les moments heureux et — le cas échéant mais très rarement j'espère — dans les heures tristes de l'existence de l'Académie, le fidèle interprète de ses sentiments.

Pour bien remplir cette tâche je n'aurai qu'à prendre modèle sur mon distingué prédécesseur. M. Bouvier possédait, en effet, toutes les qualités du parfait président : exactitude ponctuelle, énergie tempérée de bonne grâce; parole élégante, concise et claire, mise au service d'une grande élévation de pensée. Mais je ne puis guère, pour ma part — et je m'en excuse par avance — que vous promettre ma bonne volonté, aidée, il est vrai, du précieux concours de mon éminent assesseur, M. Barrois.

Chaque année, justement soucieux de la dignité de l'Académie, la plupart de nos présidents, en inaugurant leur charge, réclamaient pour nos séances un silence... au moins relatif. Grâce à leur autorité, de grands progrès à cet égard ont, certes, été réalisés. Sont-ils pourtant aussi complets qu'on l'eût souhaité ? Il serait peut-être exagéré de l'affirmer. En tout cas, je n'ai pas la fatuité de penser que mes modestes objurgations seraient capables d'obtenir davantage.

Mais si le mal est incurable et si, comme de vrais savants, nous devons nous incliner devant les faits sans chercher à les plier à des idées préconçues, il nous est permis de nous demander si, tout compte fait, les inconvénients dont on se plaint ne comporteraient pas, en retour, quelques avantages.

La parole, en somme est une forme du mouvement, qui, lui-même, est la

manifestation de la vie, tandis que le silence évoque fâcheusement l'idée, sinon de la mort, tout au moins du sommeil.

Or, de toutes les Académies du monde, la nôtre, de l'avis unanime, passe pour la plus vivante. N'y a-t-il pas là de quoi nous consoler un peu ?

En ceci, comme en beaucoup de choses, la vérité doit se trouver dans un juste milieu.

In medio stat virtus, dit le proverbe latin.

A l'exemple de M. Bouvier, je me bornerai donc, si vous le voulez bien, à réclamer de tous, dans l'inévitable bourdonnement des colloques particuliers, une modération qui permette aux orateurs de se faire entendre, du moins jusqu'au jour — prochain j'espère — où les voix affaiblies trouveront ici, pour les renforcer, le secours d'un de ces haut-parleurs dont l'Académie naguère eut la primeur et dont l'usage commence à se répandre dans les assemblées nombreuses.

L'année qui vient de se clore a été, pour l'Académie et pour la science, marquée par de graves inquiétudes.

La crise monétaire qui angoisse actuellement notre pays a singulièrement restreint l'activité des laboratoires de recherches et menace même l'existence de quelques établissements scientifiques. En particulier, elle nous a contraints à une réduction qui, en cas d'aggravation, pourrait aller même, un jour, jusqu'à la suppression des *Comptes rendus* qui sont l'une des principales raisons d'être de notre Compagnie.

Heureusement à cet égard, un rayon d'espoir vient illuminer l'aurore de la nouvelle année.

Il y a près de deux ans — rappelant une vérité énoncée par Copernic en 1525, dans son Traité sur la Monnaie — j'appelais l'attention sur les funestes conséquences à redouter de la dépréciation du franc et sur la hausse générale des prix qui en serait l'inéluctable conséquence. J'indiquais, en outre, l'unique remède, savoir : la destruction lente, progressive, mais impitoyable, de la fausse monnaie, cause de tout le mal. Resté jusqu'alors méconnu, sans doute à cause de sa trop grande simplicité, ce remède vient enfin de trouver, dans les hautes sphères gouvernementales, un apôtre énergique et convaincu. Si l'opinion publique, enfin éclairée, veut bien apporter à son action l'appui nécessaire, il est permis d'envisager, pour un avenir prochain, un sérieux redressement de la situation.

Permettez-moi de clore, sur cet espoir et sur ce vœu, ma trop longue allocution et de vous convier maintenant à reprendre l'ordre du jour de nos travaux.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL dépose sur le bureau de l'Académie une *Notice sur le comte* DE CHARDONNET, Membre de l'Institut, par la vicomtesse DE PARDIEU, née A. DE CHARDONNET.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur Hildebrand Hildebrandsson*, par M. **H. DESLANDRES**.

Hildebrand Hildebrandsson, correspondant de l'Académie dans la section de Géographie et de Navigation, s'est éteint le 29 juillet 1925, à l'âge de 87 ans. Il est un des fondateurs de la science météorologique, et son activité dans ce domaine s'est maintenue jusqu'à son dernier jour.

La météorologie est une science toute nouvelle et, peut-on dire, encore dans l'enfance; Hildebrandsson a été pour elle assurément un grand précurseur. Ses publications sur la matière sont extrêmement nombreuses, d'autant qu'il a dirigé pendant 32 ans l'observatoire météorologique d'Upsala. Mais son œuvre principale peut être résumée facilement; il a donné sa vie entière à la question capitale qui est la circulation générale de l'atmosphère. Comme il l'a noté expressément lui-même, il a étudié le problème par l'observation seule, en écartant toute théorie et toute idée préconçue, et dans un Mémoire récent de 1918, il a pu annoncer que la question posée était sûrement résolue, au moins dans ses grandes lignes.

On a cru pendant longtemps, d'après la théorie de Halley, à un seul grand courant de circulation méridienne allant de l'équateur aux pôles et des pôles à l'équateur. Hildebrandsson, en s'appuyant sur des faits très divers, mais tous concordants, a prouvé l'existence dans le sens du méridien de deux courants fermés, plus ou moins déviés par la rotation de la Terre, compris l'un entre l'équateur et les tropiques, et l'autre entre les tropiques et les pôles.

Lorsqu'il a commencé ses recherches, on connaissait bien la direction générale des vents à la surface de la Terre, mais non dans les hautes régions de l'atmosphère. Pour reconnaître les mouvements généraux de l'air aux grandes altitudes, il a été conduit à entreprendre l'étude systématique des

divers nuages, de leurs hauteurs moyennes, de leurs vitesses réelles; il a organisé une entente internationale dans l'année dite des nuages (1896-1897) dont les résultats ont fourni une première esquisse de la circulation générale et de la circulation cyclonique.

Plus tard, lorsque notre regretté confrère Teisserenc de Bort a exploré la très haute atmosphère avec des ballons-sonde, il s'est associé à lui; et ils ont organisé ensemble des expéditions de sondages aériens en Danemark (1902) et en Laponie suédoise (1907). La collaboration de ces deux hommes supérieurs a été très fructueuse, et ils ont publié ensemble un important volume : *Les Bases de la météorologie dynamique*, qui, déjà ancien, est toujours une autorité.

Hildebrandsson était un ami fidèle de la France, il parlait couramment notre langue et était le représentant de l'alliance française en Suède. Notre pays a été très honoré par l'affection que ce grand homme de science voulait bien lui porter, et il s'associe pleinement au deuil de l'Académie de Suède.

POLARIMÉTRIE. — *Sur un spectro-polarimètre photographique pour l'ultraviolet.* Note [1] de MM. A. Cotton et R. Descamps.

Les mesures de pouvoirs rotatoires (naturels ou magnétiques) sont particulièrement intéressantes pour les radiations ultraviolettes : les valeurs numériques des rotations sont bien plus élevées que dans le spectre visible et les courbes de dispersion rotatoire présentent souvent, dans ces régions, des différences caractéristiques. C'est pour rendre ces mesures plus rapides que par les procédés déjà employés que nous avons construit l'appareil qui fait l'objet de cette Note.

Une mesure de pouvoir rotatoire nécessite que l'on fasse varier systématiquement l'angle que font entre elles les deux parties principales, polariseur et analyseur, que l'on trouve dans tout polarimètre. S'il s'agit de radiations ultraviolettes, il faut opérer par photographie et enregistrer l'intensité relative des plages lumineuses qui correspondent aux valeurs successives de cet angle [2]. Il faut donc que la surface sensible et l'image des plages soient animées d'un mouvement relatif.

---

[1] Séance du 28 décembre 1925.

[2] Lowry (*Proc. Roy. Soc.* A, 18, 1908, p. 473) puis Darmois (*Ann. de Chim. et de Phys*, 8e série, 22, 1911, p. 247) ont employé un polarimètre à plages contiguës

Le principe sur lequel repose l'instrument que nous avons réalisé consiste d'abord *à faire en sorte que le mouvement de rotation de l'analyseur produise un déplacement de l'image à enregistrer sur la surface sensible :* on évite ainsi un appareil spécial pour produire ce dernier déplacement.

En outre, au lieu d'enregistrer seulement un nombre déterminé d'images correspondant à un certain nombre fini de valeurs fixes pour l'angle θ, on enregistre sur la plaque la variation continue de l'intensité qui accompagne la variation continue de l'angle θ.

Enfin on peut supprimer le limbe divisé du polariseur et de l'analyseur en faisant décrire à l'image un cercle de grand rayon de manière que de petites rotations déplacent celle-ci de quantités facilement mesurables (1^{cm} par degré de rotation par exemple).

On comprendra qu'on puisse réaliser ces conditions si l'on considère d'abord (*fig.* 1) un polarimètre formé d'un polariseur P et d'un analyseur A (entre lesquels on pourra mettre une cuve e) et éclairé par une source monochromatique S au moyen d'une lentille convergente l. Au delà de l'analyseur en f se trouve un diaphragme percé d'un trou puis un miroir m à 45° et enfin un objectif o. Il se formera en un point i une image de ce trou dont l'intensité dépendra des orientations relatives du polariseur et de l'analyseur. Supposons que l'analyseur, le diaphragme percé f, le miroir et l'objectif soient solidaires et que leur ensemble soit animé d'un mouvement de rotation lent et uniforme autour de l'axe xx'. Si l'on a une surface sensible enroulée sur un cylindre de révolution d'axe xx', on enregistrera suivant un parallèle de ce cylindre les variations progressives de l'intensité lumineuse et on en fixera l'extinction. En plaçant une colonne de substance active en e l'extinction ne se produira plus à la même place sur la couche sensible : la mesure de ce déplacement de l'extinction permettra de trouver le pouvoir rotatoire.

Pour former un spectro-polarimètre à enregistrement continu il suffirait alors de remplacer le miroir m par les éléments optiques d'un spectrographe pour l'ultraviolet, éléments choisis de telle sorte que les rayons moyens du spectre subissent une déviation d'un angle droit ([1]). Si la

---

associé à un spectrographe pour l'ultraviolet, l'image des plages du polarimètre se formant sur la fente du spectrographe. On fait sur une même plaque une série de photographies de spectres, chacune des poses correspondant à une valeur donnée de l'angle θ.

([1]) Si la déviation avait une valeur quelconque, il faudrait enrouler la pellicule sensible sur une surface conique et le calcul des résultats serait moins simple. Si elle

source, comme c'est le cas de l'arc au mercure, émet une série de radiations simples espacées dans le spectre, on aura sur le récepteur photographique un ensemble d'images i, i', i'' qui imprimeront en même temps leur trace sur la surface sensible, lorsque le spectrographe tournera lui-même avec l'analyseur A autour de xx'.

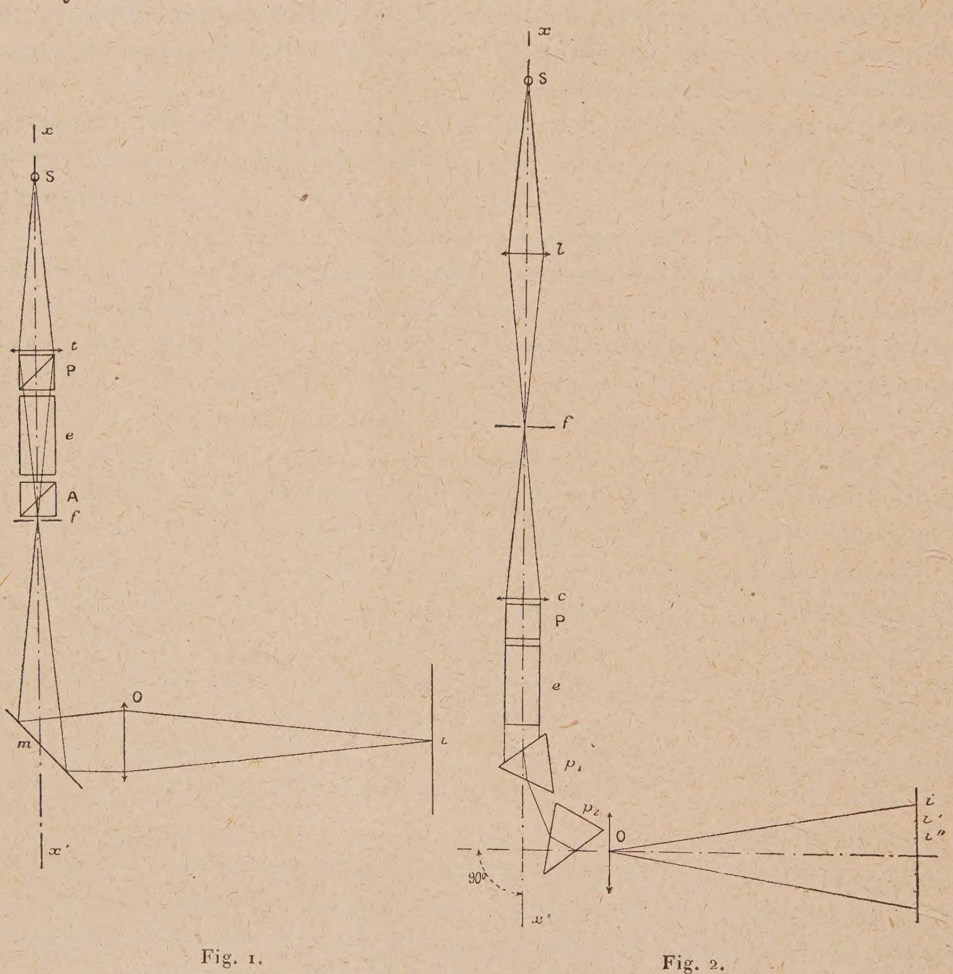


Fig. 1. Fig. 2.

On peut donner plusieurs formes à l'appareil fonctionnant sur ce principe. Celle que nous avons réalisée, représentée schématiquement sur la figure 2 et que l'un de nous (Descamps) décrira prochainement en détail,

atteignait 180°, la surface sensible sur la quelle se forment les images pourrait être plane. Le plus simple serait alors de faire tourner la plaque (avec le polariseur et la fente) en laissant le spectrographe fixe.

présente l'avantage qu'on réduit au minimum (1) le nombre des pièces optiques nécessaires, pièces qui doivent être transparentes pour l'ultraviolet.

Le collimateur formé par *f* et la lentille *c* est placé en avant du polarisateur P et de la cuve *e* qui reçoivent ainsi un faisceau de lumière parallèle. L'analyseur est supprimé, il est remplacé par le premier prisme P_1 du spectrographe qui est un prisme de spath dont l'arête est parallèle à l'axe cristallographique et dont on utilise le spectre ordinaire. Le second prisme P_2 est un prisme de quartz dont l'arête est également parallèle à l'axe, son angle est tel que lorsque les deux prismes sont au minimum de déviation la déviation totale est d'un angle droit pour les rayons moyens du spectre ultraviolet ($\lambda = 3025$).

Un support métallique porte les prismes P_1 P_2 et l'objectif *o*, il est muni de pivots tubulaires engagés dans des roulements à billes qui permettent de faire tourner ces trois pièces optiques autour de l'axe xx'. En réalité on ne fait faire à l'équipage tournant qu'une fraction de tour, l'image allant et revenant sur la plaque sensible qui est celle d'un large film cinématographique placé dans un châssis cylindrique. D'autre part, le collimateur C n'est pas muni en T d'une petite ouverture, mais d'une fente qui a sa largeur et sa hauteur réglables. Les choses sont disposées de façon que cette fente tourne en même temps que les prismes, tandis que le polariseur et la cuve restent immobiles. La largeur est choisie de façon que les diverses traînées lumineuses correspondant aux diverses raies donnent des images de largeur convenable et soient aussi distinctes les unes des autres que possible. La hauteur de la fente (comptée parallèlement aux arêtes des prismes) doit être prise aussi courte que possible, parce que l'angle sous lequel, de l'objectif C, on voit cette fente détermine l'écart extrême entre les vibrations qui viennent impressionner successivement chaque point du film. Mais l'expérience montre qu'on peut donner à cette fente une hauteur appréciable sans que sur le film les extinctions cessent d'être nettes.

Pour faire une étude de dispersion rotatoire on impressionne successivement deux films. Pour faire le premier on ne met pas de liquide actif dans la cuve, on enregistre la position des extinctions et aussi des traits de repère qui indiquent les positions qu'occupent les images pour deux positions successives données à l'équipage mobile et correspondant à un écart angulaire connu. On fait le second film en mettant un liquide actif dans l'appareil et marquant de même des traits de repère sur le cliché.

Le simple examen de ces clichés suffit à donner une idée de la dispersion rotatoire, les positions des extinctions étant d'autant plus écartées de leur position primitive sur une même ligne parallèle à la ligne des repères que

(1) Si la fente *f* peut être placée tout près de S, il serait encore possible de supprimer le condenseur *l* de quartz qui projette l'image de la source sur la fente *f* de l'appareil.

les rotations sont plus grandes. Les mesures faites sur le cliché donnent ensuite les valeurs numériques du pouvoir rotatoire pour les diverses raies. Les positions précises des extinctions sont déduites de l'étude de la densité photographique le long de chaque image. Cette étude peut se faire à l'aide d'un photomètre, mais la méthode de choix consiste à employer le microphotomètre de MM. Challonge et Lambert (1).

La méthode suppose que le film a été développé bien uniformément et ne présente pas de variations notables de sensibilité au voisinage des extinctions et de part et d'autre. On pourrait la perfectionner pour s'affranchir de cette hypothèse, mais il suffit dans la pratique de s'assurer que les positions d'extinction restent bien les mêmes quand on recommence les photographies.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude des racines des plantes alpines et de leurs mycorhizes.* Note de MM. **Julien Costantin** et **Joseph Magrou.**

Nous nous sommes proposé de rechercher les mycorhizes des plantes alpines. On conçoit qu'il s'agit d'un travail de longue haleine, car théoriquement il doit s'étendre au plus grand nombre possible d'espèces de la flore montagnarde et poussant dans les conditions les plus variées. Nous ne publions ici qu'une Note préliminaire se rapportant à des matériaux recueillis en 1922, 1923 et 1924, à Pralognan en Savoie, et à La Thuile, dans la vallée d'Aoste (Italie) (2).

Constance des mycorhizes. — Un premier fait qui met en lumière la grande importance du phénomène d'association que nous voulons étudier, c'est sa constance. Nous entendons par là que le mode d'union du Champignon avec la plante Phanérogame se fait toujours de la même manière, de façon à présenter des caractères très typiques. En l'absence de la culture de l'organisme fungique, les caractères morphologiques précédents permettent de conclure avec une quasi-certitude que ce sont toujours les deux mêmes êtres qui se sont ainsi rapprochés.

Un exemple fera comprendre la portée de cette remarque. Le *Dryas octopetala*, Rosacée alpine bien connue, s'est révélée comme ayant des mycorhizes ectotrophes tout à fait spéciales. Les échantillons de cette plante, que nous avons pu étudier partout dans la Vanoise, se sont montrés semblables à ceux qui ont été étudiés en 1900

---

(1) Challonge et Lambert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 924.

(2) Nous avons pu nous procurer, en 1925, des matériaux non encore étudiés des jardins alpins (Lautaret, Petit Saint-Bernard, Chanousia).

par M. Hesselman (¹), et en 1923 par M. Schroeter (²). On trouve donc la même association dans toutes les régions arctiques (³) aussi bien qu'en Suisse, en Savoie, dans les montagnes du centre de l'Europe, ainsi qu'en Italie, et même dans l'Asie montagnarde (⁴).

Cet exemple montre nettement le grand intérêt que peut présenter la comparaison des types alpins et arctiques, car le climat polaire a une action plus puissante encore que le climat alpin.

Les remarques qui viennent d'être faites pour le *Dryas* s'appliquent au *Polygonum viviparum* et aux *Salix*. Dans ce dernier cas, les deux espèces que nous avons pu étudier partout en Savoie (*S. retusa* et *S. reticulata*) ont montré une structure identique à celle de toutes les espèces arctiques (*S. artica*, *boganidensis*, *herbecea*, *polaris*, etc.). La symbiose s'étend donc, dans ce dernier cas, non pas à une espèce dans toutes ses stations, mais à de *nombreuses espèces d'un genre* disséminées non seulement dans toute l'immense étendue du domaine arctique mais aussi dans les régions alpines.

On peut faire des constatations analogues pour des *genres différents d'une même famille* dans le cas des Ericacées (⁵).

L'aperçu précédent conduit à la conclusion que les mycorhizes jouent un très grand rôle dans la flore alpine comme dans la flore arctique.

Mycorhizes endotrophes. — Les types qui viennent d'êtres cités sont surtout ectotrophes. Les mycorhizes endotrophes ont été jusqu'ici peu étudiées dans le domaine alpin, cependant elles paraissent très répandues dans les Alpes, en dehors des Orchidées à pelotons; les racines pourvues d'arbuscules, de sporangioles, de vésicules, de gros troncs myceliens sont nombreuses (*Veratrum album*, *Cirsium spinosissimum*, *Eryngium alpinum*, etc.).

La sévérité de l'hiver ayant contraint les plantes alpines à chercher un abri dans les profondeurs du sol contre le froid, leurs organes souterrains ont dû fatalement rencontrer dans ce milieu obscur le mycelium de divers Champignons : il s'est ainsi formé des associations durables.

(¹) Hesselman, *Om mykorrhiza Bildningar hos arkstika Växter* (*Bihang tel K. Svenska Akadem. Handlingar.* Bd. 26, Afd. III, 2, 1900, p. 3 à 46, 3 pl. avec résumé allemand).

(²) Schroeter, *Das Pflanzenleben der Alpen*, 1923 (1ʳᵉ Livraison, p. 263-265).

(³) *Spitzberg*, *Nouvelle Zemble*, *Sibérie arctique*, *Laponie*, *Norvège*, *Suède* (d'après Hesselman).

(⁴) *Tyrol*, *Monts de Transylvanie*, *Apennins*, *Altaï* (d'après Hesselman).

(⁵) *Loiseleuria*, *Andromeda*, *Ledum*, *Oxycoccos*, *Phyllodoce*, *Rhododendron*, *Vaccinium* (d'après Hesselman). Ceci s'applique à des familles analogues (Empetrées, Diapensiacés) (Islande, Groenland, Ile des Ours, Nouvelle-Zemble, Sibérie arctique, etc.) (Hesselman).

Voici une liste provisoire de types à mycorhizes rencontrés par nous. On constatera qu'ils appartiennent aux groupes les plus divers du règne végétal.

Cryptogames vasculaires : *Lycopodium inundatum*, *Botrychium Lunaria*. Monocotylédones : *Veratrum album*, *Maiathemum bifolium*, *Crocus vernus*, Orchidées, etc.. Dicotylédones. Apetales : *Salix retusa*, *reticulata*, *Polygonum viviparum*, etc. Dialypétales : *Anemone narcissiflora*, *Aconitum Lycoctonum*, *Hepatica triloba*, *Ranunculus aconitifolius*, *pyrenæus*, *montanus*, *Trollius europaeus*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium alpinum*, *Vicia silvatica*, *Dryas octopetala*, *Epilobium rosmarinifolium*, *Saxifraga azoides*, *oppositifolia*, *Astrantia major*, *Bupleurum ranunculoides*, *Eryngium alpinum*, *Heracleum Spondylium*, *Gaya simplex*, *etc.* Gamopétales : *Bellidiastrum Michelii*, *Cirsium spinossissimum*, *Erigeron alpinum*, *montanum*, *Saussurea alpina*, *Solidago virgaaurea*, *Taraxacum Dens-Leonis*, *Pirola secunda*, *Loiseleuria procumbeus*, *Primula fariosa*, *viscosa*, *Soldanella alpina*, *Gentiana cihata*, *bararica*, *Digitalis grandiflora*, *Teucrium montamum*, *Plantago alpina*, etc.

La généralité de ces associations exigera des années d'observation.

Vie annuelle. — La vie annuelle qui manque complètement dans les régions arctiques est rare en montagne. Autour des villages alpestres, nous avons rencontré quelques espèces éphémères où l'association avec les Champignons ne se produisait pas (*Capsella Bursa pastoris*, *Sinapis alba*, etc.).

Dans le *Gentiana campestris* annuel, il y a souvent invasion fungique mais réaction phagocytaire brutale et l'on trouve des filaments surcolorables, dégénérés.

Dans un certain nombre de types alpins, nous n'avons pas jusqu'ici trouvé de Champignon dans les racines. Il peut y avoir diverses raisons pour cela : l'écorce peut être exfoliée par un liège précoce et l'hôte peut être éliminé ainsi; certaines racines sont indemnes même chez les plantes où il y a symbiose; si l'on a affaire à des racines charnues, en général il n'y a pas de Champignon. D'ailleurs l'obtention des plus fines racines est une opération souvent difficile qui peut échouer à cause de la profondeur extraordinaire où la plante s'enfonce dans le sol.

Répartition géographique. — La répartition des plantes symbiotiques est liée à celle des Champignons souterrains.

Pour qu'un *Lycopodium inundatum* (Vallée de Chavière 1750^{m} et 1850^{m}), un *Botrychium Lunaria* (Bochor, 2000^{m}) se développe il faut que les spores germent, ce qui n'a lieu que par la rencontre du Champignon associé. L'abondance du mycelium nécessaire dans le sol montagnard explique la prépondérance des espèces précédentes aux hautes altitudes. Si de tels genres *essentiellement montagnards* se rencontrent sporadiquement dans la

plaine, les stations restent éphémères : le mycelium transporté accidentellement en même temps que la spore ne se propage pas. Ce cas très net doit avoir beaucoup d'analogues.

HYDRAULIQUE. — *Sur la détermination des vitesses dans les liquides et le paradoxe de Du Buat.* Note [1] de MM. **C. Camichel**, **L. Escande**, **M. Ricaud**.

Cette Note a pour objet divers perfectionnements concernant les méthodes de détermination des vitesses dans les fluides.

1° *Tube de Pitot.* — Nous formons un circuit (*fig.* 1), comprenant l'orifice A normal aux filets, une pompe P entraînée par un moteur M, muni d'un tachymètre T, un tube de faible diamètre D, enfin l'orifice B parallèle aux filets. L'eau se déplace dans le circuit sous l'action de la différence de pression $H_A - H_B$; en observant soit un flotteur, soit des poussières en suspension dans le tube D, on règle la vitesse de la pompe P, produisant une pression opposée à $H_A - H_B$, de façon à réduire à zéro la vitesse de l'eau dans le circuit. La vitesse du fluide est indiquée par le tachymètre T.

La pompe est constituée (*fig.* 2), par une cloche E tournant dans un carter; les orifices *a* et *b* jouent le même rôle que ceux d'un tube de Pitot placé dans le courant d'eau provoqué par la rotation de la cloche E; ces orifices sont, conformément aux résultats indiqués dans une Note antérieure [2], placés à la proue et à la poupe du corps immergé.

L'appareil placé dans un champ de vecteurs de vitesse uniforme W, est taré en mesurant cette vitesse par la méthode photographique. La courbe de tarage [3] (*fig.* 3) montre :

a. Que l'appareil permet de mesurer des vitesses de l'ordre de 5^{cm} par seconde correspondant à une dénivellation de l'ordre $\frac{2}{100}$ à $\frac{3}{100}$ de millimètre, par conséquent bien difficile à déterminer directement.

b. Que la graduation de l'appareil est linéaire.

2° *Moulinet.* — Nous avons étudié la méthode de tarage qui consiste à déplacer le moulinet d'un mouvement uniforme dans un canal rectiligne dans lequel l'eau est immobile.

Nous avons employé pour cela un moulinet ayant 2^{cm} de diamètre extérieur; nous l'avons taré par le déplacement dans une nappe d'eau immobile (*fig.* 4, points +); la

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1061.

(3) On trouve ainsi que le tube de Pitot, modèle de M. Rateau, satisfait à la relation : $W = \sqrt{2g(H_A - H_B)}$; cet appareil a donc un coefficient égal à l'unité.

Tube de Pitot avec pompe compensatrice.

Fig. 1. — Montage d'ensemble.

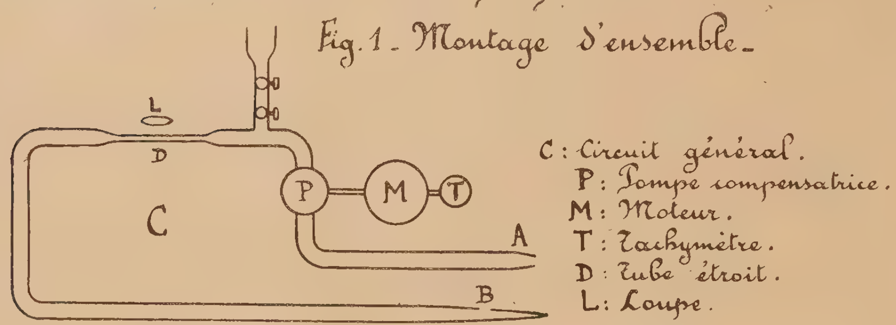


Fig. 2. — Pompe compensatrice. (Échelle 1/2)

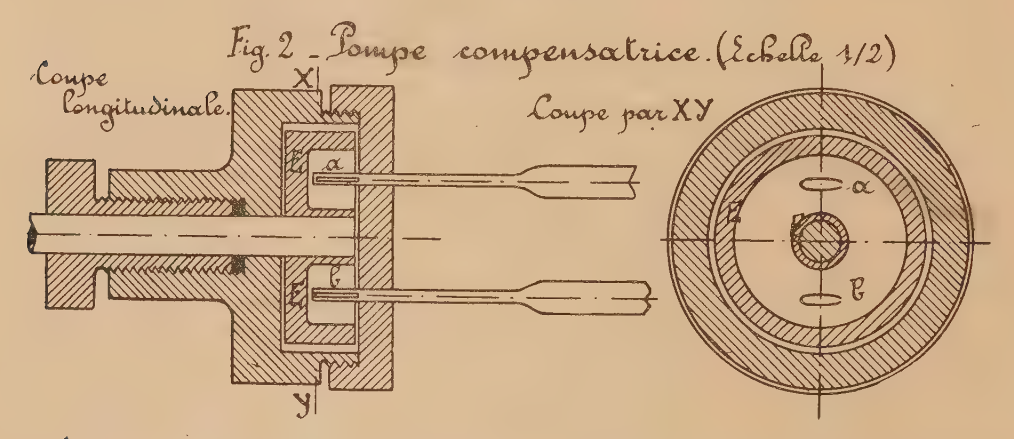


Fig. 3. — Courbe de tarage du tube de Pitot avec pompe compensatrice.

Vitesse W de l'eau en cm/seconde

Vitesse de rotation de la pompe en tours/minute.

0, 10, 20, 30, 40, 50 — 500, 1000

Fig. 4. — Courbe de tarage du moulinet.

+ : déplacement du moulinet.

o : écoulement de l'eau.

Vitesse de l'eau ou vitesse de translation en cm/seconde

Vitesse de rotation du moulinet en tours/minute.

0, 10, 20, 30, 40, 50 — 100, 200, 300, 400

vitesse de translation du chariot, portant le moulinet, était enregistrée au moyen d'un diapason donnant le $\frac{1}{50}$ de seconde. La vitesse de rotation du moulinet taré était déterminée au moyen d'un tachymètre stroboscopique. Le même moulinet a été ensuite disposé dans un champ de vecteurs vitesse uniforme, et la vitesse d'écoulement du fluide a été déterminée par la photographie (*fig.* 4, points ⊙); la vitesse du moulinet a été déterminée par le tachymètre stroboscopique. Les deux courbes de tarage (*fig.* 4) ont pratiquement coïncidé. Il en résulte que le mode de tarage des moulinets est correct.

Cette expérience montre que le paradoxe de Du Buat disparaît si l'on place l'obstacle dans un champ de vecteurs vitesse uniforme. Cette condition n'est pas en général réalisée quand le fluide se déplace, car les vitesses ont une certaine répartition du centre à la paroi de la conduite.

M. Joukowski explique ([1]) le paradoxe de Du Buat par la différence entre les formes d'écoulement à l'aval du corps immergé suivant que c'est l'obstacle ou le fluide qui se déplacent. Or les photographies ([2]) que nous avons prises de l'écoulement autour d'obstacles variés (cylindres, palettes planes), ont montré que la forme des filets et la répartition des vitesses étaient les mêmes dans l'un et l'autre cas.

L'interprétation de Joukowski ne paraît donc pas exacte.

3° *Méthode chronophotographique.* — Dans l'étude des modèles réduits, il est souvent impossible, en raison de leurs faibles dimensions, d'employer les procédés précédents qui apporteraient une trop grande perturbation. Nous avons pu étendre la méthode photographique au régime turbulent en nous basant sur ce fait que les variations de vitesse dans le régime turbulent, sont beaucoup moins élevées qu'on ne le croit généralement. Par exemple, dans un canal de verre de $33 \times 4^{\mathrm{cm}}$ de section mouillée, si l'on suit un même filet sur une longueur de 15^{cm} et pour des vitesses de l'ordre de 15^{cm} par seconde, la variation relative de la vitesse ne dépasse pas 3 pour 100 par rapport à la vitesse moyenne; pour des vitesses mesurées successivement en un point déterminé et qui proviennent de filets différents, les variations relatives par rapport à la valeur moyenne ne dépassent pas 7 à 8 pour 100. Il paraît donc légitime de déterminer en chaque point d'une section droite, d'un canal par exemple, la valeur moyenne de la vitesse par la photographie et d'en déduire le débit total du canal.

Nous avons vérifié l'exactitude de cette méthode en comparant le débit ainsi déterminé d'après la photographie, soit $1^{\mathrm{l}},36$ par seconde au débit mesuré directement par jaugeage, soit $1^{\mathrm{l}},33$ par seconde.

([1]) JOUKOWSKI, *Aérodynamique*, 1916, p. 42.

([2]) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1557.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. Les globes noirs et blancs sans lumière propre.* Note de M. E. MATHIAS.

1. On peut considérer les globes blancs *sans lumière propre* de Galli comme des globes orangés renfermant du soufre, dont la couleur bleue donne, en se superposant à l'orangé, un blanc d'intensité très inférieure à celui qu'émet directement un corps noir incandescent. Mais cela n'explique pas les globes *noirs* (fréquence voisine de 7,5 pour 100). Il faut une explication d'ensemble.

La *Note* II a étudié la couleur des foudres *nues*, dont on voyait la substance incandescente; ici il s'agit de foudres *habillées*, la matière fulminante étant entourée d'un vêtement de vapeurs noires très denses ou de vapeurs blanches ou gris très clair. Si le vêtement est *collant*, les foudres sont des sphères noires, blanches ou grises; si le vêtement est ample ou flottant, la foudre est un *petit nuage* noir, blanc ou gris masquant la masse ignée intérieure.

Avec les foudres noires, le vêtement est si épais ou si absorbant qu'il ne laisse rien passer de la lumière intérieure, sauf quand elles éclatent.

Avec les foudres blanches ou grises, le vêtement collant peut être assez mince ou assez translucide pour transmettre partiellement la lumière intérieure; si le vêtement collant est troué par endroits, les déchirures laissent entrevoir la matière fulminante.

Pour Galli, les cas précédents diffèrent totalement de ceux des foudres nues, la matière fulminante étant ici, pour lui, *un amas de nuages noirs, blancs ou gris électrisés* (1). Pour nous, au contraire, la matière fulminante, à des impuretés près, est toujours la même; seulement elle est ici cachée à nos yeux par un vêtement de nuages, collant ou flottant, mince ou épais, de couleur noire, blanche ou grise.

2. Voici quelques exemples des différents cas :

Globe noir avec vêtement collant. — Exemple du 9 novembre 1897 à Castelgandolfo. « Après un éclair très vif apparaît, au milieu de la cuisine, un *globe noir* comme s'il était formé de fumée très dense, avec un diamètre de 25 à 30^{cm}, qui en étincelant explosa au visage d'une dame et s'enfuit après par la fenêtre ouverte » (2).

---

(1) (2) IGNAZIO GALLI, *I principali caratteri dei Fulmini globulari*, 29, p. 54 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 28, 1910).

Globe noir avec vêtement flottant. — C'est le cas de ce corps noir, allongé comme une jambière de cavalier et suivi d'une espèce de mèche allumée que van Helmont vit *deux fois*, à travers des chênes, au XVIIe siècle : « Vidi quoque semel prope Vilvordiam, atque iterum Bellis in Flandria, thecam quandam nigram, quasi longa esset equitis ocrea, inter querceta magno fragore volare, habentem a tergo flammam velut accensi straminis. Succedebat vero ingens nimbus » (1).

Autre exemple. Le 13 avril 1832, vers 3h30m de l'après-midi, M. et Mme Boddington revenaient de Tenbury en voiture. Le ciel était serein. Ils virent venir à eux un nuage noir, isolé et de petite dimension, qui les foudroya en les blessant grièvement (2).

Globes blancs avec vêtement flottant déchiré. — Il s'agit des nombreuses masses blanches qui se virent la soirée du 29 juillet 1686 quand un tourbillon ravagea la Lombardie et la Vénétie. Spoleti dit : « Du sein de cette obscurité on voyait tourner en rond de petites nuées blanches *entrecoupées* (pour ainsi dire) *de larges bandes de feu* » (3).

Globes gris avec vêtement collant translucide. — Exemple du 6 juillet 1822. « D'une trombe qui courait sur la plaine d'Arsonval (Pas-de-Calais) sortaient de temps en temps des globes lumineux et des *globes gris;* les gris paraissaient vaporeux, de couleur tendant vers celle du soufre. Les uns et les autres éclataient avec un fort bruit et *vomissaient des morceaux de branches que la trombe avait arrachés aux arbres* » (4).

La citation montre que le globe intérieur avait une couleur jaune ou orangée dans le cas des globes gris. La fin de la citation est extrêmement intéressante en ce qu'elle prouve que l'absorption, par la matière fulminante, de matières étrangères rencontrées sur son parcours n'est pas une simple vue de l'esprit, mais bien une réalité objective.

Globe blanc avec vêtement collant. — L'académicien Marcorelle, de Toulouse, rapporte que, le 12 septembre 1747, le ciel étant serein et parfaitement pur, sauf un petit nuage qui paraissait à la vue exactement rond et

---

(1) J.-B. VAN HELMONT, *Ortus medicinæ*, p. 74; Amsterdam, Elzévir, 1652. — GALLI, *loc. cit.*, p. 55.

(2) F. SESTIER, *De la foudre, de ses formes et de ses effets*, 1, p. 7; Paris, Baillière et fils, 1866.

(3) IGNAZIO GALLI, *Gli effetti fisici e chimici dei Fulmini globulari*, p. 19 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 30, 1912).

(4) ZURCHER et MARGOLLÉ, *Trombes et cyclones*, p. 101; Paris, Hachette et Cie, 1876.

de 15 à 16 pouces de diamètre, la foudre tout à coup gronda, éclata et tua la femme Bordenave après l'avoir brûlée au sein [1].

Globes blancs ou gris avec vêtement déchiré. — L'ingénieur Ch. de Jans cite des exemples de globes qui, en général, n'avaient pas de lumière propre mais présentaient toutefois des parties brillantes, ou bien des taches, ou bien des zones diversement colorées [2]. Visiblement, les parties brillantes ou colorées provenaient de la lumière du globe intérieur par les déchirures du vêtement.

3. Il doit y avoir unité d'explication comme il y a unité de matière fulminante pure. Les parties solides des tissus organisés (cellulose) sont des hydrates de carbone, avec, en général, des traces de sels minéraux. A peu de chose près, la calcination des substances organisées donne de la vapeur d'eau et du noir de fumée. Trois cas sont possibles : ou bien il y a prédominance énorme du noir de fumée; ou bien il y a des quantités comparables de noir de fumée et de vapeur d'eau; ou bien il y a une large prédominance de vapeur d'eau.

Dans le premier cas, la matière fulminante émettra un nuage noir assez abondant pour la cacher à la vue des observateurs; dans le deuxième cas, le nuage enveloppant la matière incandescente sera gris; dans le dernier cas, le nuage sera blanc. Pour légitimer cette explication, rappelons que, quand la fumée d'un vaisseau est noire, il suffit d'envoyer dans la cheminée de la vapeur d'eau pour voir, en quelques secondes, la fumée devenir grise, puis blanche.

Ce qui précède explique le vêtement *flottant*, non le vêtement *collant*. Pour expliquer ce dernier, il suffira d'admettre que la matière fulminante est à un potentiel électrique très élevé; alors, non seulement elle attire énergiquement tous les organismes légers flottant dans l'air sur son passage, mais la vapeur d'eau et les particules de noir de fumée qui résultent de leur carbonisation forment un nuage conducteur. Celui-ci est soumis, de par son potentiel élevé, à une pression électrostatique normale, $2\alpha\sigma^2$ par centimètre carré, proportionnelle au carré de la densité électrique superficielle σ, donc au carré du potentiel, pression qui applique le nuage sur la foudre sphérique et lui donne la forme de celle-ci.

Nous reviendrons sur ce point qui a de multiples conséquences.

---

(1) F. Sestier, *loc. cit.*, 1, p. 6.

(2) Ch. de Jans, *Les tentatives d'explication de la foudre globulaire*, p. 16, Note I, Bruxelles, 1909.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **E. Roux**, **Th. Schlœsing**, **E. Leclainche**, **P. Viala**, **L. Lindet** sont réélus membres du Conseil d'administration de l'*Institut des Recherches agronomiques*; M. **G. André** est élu en remplacement de M. *L. Maquenne*, décédé.

NOMINATIONS.

M. **M. d'Ocagne** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du Centenaire de la *Société scientifique de Bruxelles* les 12 et 13 avril prochains.

CORRESPONDANCE.

M. le **Haut-Commissaire de la République française en Syrie** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès archéologique de Syrie et de Palestine*, qui s'ouvrira à Beyrouth le 8 avril prochain.

M. **B. Jekhowsky** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éléments de Philosophie médicale*, par Noël Hallé. (Présenté par M. Ch. Richet.)

2° *Auguste Dollot* (1841-1924). (Présenté par M. H. Douvillé, au nom de M. René Dollot, fils du défunt.)

3° *Étude ostéologique de la tête d'un jeune éléphant d'Asie*, par F. van Gaver, formant le tome XX (1925) des *Annales du Musée d'His-*

toire naturelle de Marseille, publiées sous la direction de M. A. VAYSSIÈRE. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° ERNEST ESCLANGON. *L'acoustique des canons et des projectiles*. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résolution de problèmes aux limites sans fonctions de Green*. Note de M. **MAURICE GEVREY**.

1. Nous avons déjà montré (¹) comment la résolution des problèmes aux limites relatifs aux équations linéaires aux dérivées partielles d'ordre quelconque, à caractéristiques imaginaires décomposables, pouvait se faire à l'aide d'une *fonction de Green*, solution de l'équation adjointe, et qui s'obtient en résolvant une seule équation intégrale.

Peut-on résoudre les problèmes aux limites *sans fonctions de Green* et par suite sans passer par l'intermédiaire de l'adjointe? Il suffit pour cela de former la *fonction auxiliaire* $V(P, \Pi)$ dont nous avons déjà parlé, *mais en partant de l'équation proposée* $F(u) = 0$ *elle-même* (²) et en assujettissant V, considérée comme fonction de P, aux mêmes conditions aux limites que la solution cherchée u. Toutefois, il faut que celles-ci se traduisent par des relations linéaires *et homogènes* entre u et ses dérivées sur la frontière S d'un domaine donné D. On aura alors, en tout point P intérieur à D, $d\omega$ étant l'élément de domaine,

$$u(P) = \int_D V(P, \Pi)\, \varphi(\Pi)\, d\omega_\Pi \tag{1}$$

et la condition $F(u) = 0$ nous donnera, pour déterminer φ, une équation intégrale de la forme

$$\varphi(P) + \int_D K(P, \Pi)\, \varphi(\Pi)\, d\omega_\Pi = \psi(P), \tag{2}$$

(¹) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 571.

(²) *Loc. cit.*, p. 572. Ici les rôles des points P et Π sont intervertis : si $F(u) = 0$ est d'ordre $2p$, à m variables, V et ses dérivées *relativement à* P doivent se comporter, pour

$$r = 0 \qquad (r = P\Pi),$$

comme r^{2p-m} si m est impair ou négatif et comme $r^{2p-m}\,\mathfrak{L}\,r$ dans les autres cas; mais $F(V)$ doit admettre, pour $r = 0$, un pôle d'ordre moindre que m.

où le noyau K a un pôle d'ordre moindre que le nombre des variables. La condition de possibilité du problème est que le déterminant de Fredholm ne soit pas nul.

2. Prenons comme exemple une équation du second ordre à m variables

$$F(u) \equiv \Sigma a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \, \partial x_k} + \Sigma b_i \frac{\partial u}{\partial x_i} + cu + f = 0,$$

les coefficients étant fonctions de $x_1, \ldots, x_m$ et la forme $\Sigma a_{ik} X_i X_k$ définie. Supposons u assujettie à être nulle sur S. Formons alors une fonction $s(\mathrm{P})$ s'annulant ainsi que $\Sigma a_{ik}(\Pi) \frac{\partial s}{\partial x_i} \frac{\partial s}{\partial x_k} - 1$, quand P vient sur S. Désignons par σ la fonction $s(\Pi)$ et par A_{ik} le mineur de a_{ik} dans le déterminant des a_{ik} (supposé égal à *un*).

Nous poserons alors, pour $m > 2$,

$$\mathfrak{I}(\mathrm{P}, \Pi) = \Sigma A_{ik}(\Pi)(x_i - \xi_i)(x_k - \xi_k), \qquad \mathrm{V}(\mathrm{P}, \Pi) = \mathfrak{I}^{1-\frac{m}{2}} - (\mathfrak{I} + 4s\sigma)^{1-\frac{m}{2}},$$

et u sera donnée par (1), φ étant solution de (2) ; il suffit que les coefficients a admettent, par rapport à $(x_1, \ldots, x_m)$, des accroissements d'ordre non nul ; quant aux coefficients b, c, f, il suffit que cette condition soit réalisée pour une seule variable. Ainsi donc nous pouvons calculer u dans des cas où, les coefficients n'étant pas dérivables, l'adjointe ne pourrait être formée. Ici nous n'avons pas besoin de vérifier la solution, ce qui est nécessaire quand on emploie la fonction de Green. Par contre il faut établir à part l'*unicité* de la solution.

3. Mais nous avons supposé les données *nulles sur* S. Si celles-ci ne le sont pas, mais admettent les dérivées nécessaires pour un changement d'inconnue, le problème général se ramène aisément au cas envisagé. Comment traiter le cas des données simplement *continues ?* Il faudra alors ajouter au second membre de (1) une fonction $\chi(\mathrm{P})$ prenant sur S les valeurs données et telle que l'ordre d'infinitude de $F(\chi)$, quand P vient sur S, n'empêche pas la résolution de (2). Prenons comme exemple l'équation à 2 variables

$$(3) \qquad \Delta u + a \frac{\partial u}{\partial x} + b \frac{\partial u}{\partial y} + cu + f = 0,$$

u étant donnée sur un contour fermé C de longueur $2l$. Nous poserons

$$r_2^2 = r^2 + 4d\delta, \qquad \mathrm{V} = \mathfrak{L}\frac{r_2}{r}, \qquad \chi = \frac{1}{\pi}\int_{-l}^{l} \frac{u(\mathrm{M})\, d}{\overline{\mathrm{PM}}^2}\, ds, \qquad \varphi = \frac{\varphi_1}{d}$$

(d et δ distances de P et Π à C; $s =$ arc AM, A étant le pied de d. On peut aussi remplacer $\overline{PM}^2$ par $d^2 + s^2$). En écrivant alors que

$$\int\int_{(C)} V(P, \Pi) \frac{\varphi_1(\Pi)}{\delta} d\omega_\Pi + \chi(P)$$

est solution de (3), nous obtiendrons une équation intégrale en φ_1 se ramenant aux types classiques.

4. Nous devons nous borner à ces brèves indications. L'emploi des fonctions r_1 et ϑ_1 (¹) permet aussi de résoudre par la même méthode le problème de Neumann, les problèmes mixtes, et plus généralement tous les problèmes aux limites à conditions linéaires, tant pour les équations *ordinaires* que pour les équations *intégrodifférentielles* que nous avons envisagées antérieurement. Nous en avons déjà fait une application particulière *au cas des marées* (²).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques généralisations des théorèmes sur les séries qui admettent des lacunes.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Dans mes premières Notes consacrées aux séries de Taylor, j'ai établi plusieurs théorèmes concernant les séries entières admettant des lacunes (³).

Pour démontrer quelques théorèmes concernant la nature des singularités sur le cercle de convergence, je me suis appuyé sur un lemme que j'ai démontré à l'aide des théorèmes de M. Hadamard sur certains déterminants.

Le lemme en question est le suivant :

Une fonction représentée par une série entière $\Sigma a_n x^{\lambda_n}$, où la suite λ_n est telle qu'on puisse en extraire une suite partielle λ_{n_i} vérifiant l'inégalité

$$\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i} \geqq K,$$

admet sur le cercle de convergence au moins K + 1 pôles, ou bien un point singulier qui n'est pas un pôle.

Après que ma Thèse eut paru, M. Montel a proposé de généraliser ce

(¹) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 761 et 1447.

(²) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 663 et 1243.

(³) *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 728 et 978. Voir aussi ma Thèse : *Sur les séries de Taylor qui présentent des lacunes* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 40, 1923, p. 431.)

lemme en supposant que l'on a $\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ avec

$$\lim_{i=\infty} \left\{ |a_{n_i}| + |a_{n_i+1}| + \ldots + |a_{n_i+i-1}| \right\} = 0$$

(n_i étant une suite de nombres entiers positifs tels qu'on ait $\lim n_i = \infty$) et il lui paraissait probable qu'on pourrait en tirer la même conclusion que celle du lemme cité. (On suppose que le rayon de convergence est égal à un.)

Or, en effet, cette généralisation est exacte et on peut la démontrer immédiatement en s'appuyant sur les résultats de M. Carlson, obtenus un an après ([1]).

En appliquant des méthodes analogues à celles que j'ai employées dans ma Thèse, on peut démontrer les théorèmes suivants :

Soit $\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ une série entière de rayon de convergence égal à 1; n_i et k_i étant deux suites de nombres entiers positifs, supposons que l'on a

$$\lim_{i=\infty} \left\{ |a_{n_i}| + |a_{n_i+1}| + \ldots + |a_{n_i+k_i}| \right\} = 0;$$
$$\lim n_i = \infty,$$
$$\lim k_i = \infty;$$

alors il y a sur le cercle de convergence un point singulier au moins qui n'est pas un pôle.

De même le théorème plus général suivant a lieu :

$\varphi(x) = \Sigma a_n x^n$ ayant le rayon de convergence égal à 1, les coefficients a_n étant bornés au module si l'on a

$$\lim_{i=\infty} n_i^{p-1} \left\{ |a_{n_i}| + |a_{n_i+1}| + \ldots + |a_{2^p n_i}| + \ldots + |a_{2^p n_i + k_i}| \right\} = 0;$$
$$\lim n_i = \infty,$$
$$\lim k = \infty;$$

alors $\varphi(x)$ ne peut pas être mise sous la forme

$$\varphi(x) = \frac{\varphi_1(x)}{[P(x)]^{\frac{1}{p+1}}},$$

où $\varphi_1(x)$ admet le rayon de convergence supérieur à 1, et où $P(x)$ est un polynome.

([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1677.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Valiron.* Note de M. **E.-F. Collingwood**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre fini ρ. Posons

$$m(r, f) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \overset{+}{\log}|f(re^{i\theta})|\,d\theta; \qquad N(r, f) = \int_0^r \frac{n(t, f)}{t}\,dt,$$

$\overset{+}{\log}|f|$ étant égal à $\log|f|$ si $|f| > 1$ et à zéro si $|f| \leq 1$, et $n(t, f)$ désignant le nombre des zéros non nuls de $f(z)$ situés dans le cercle $|z| \leq t$. Il résulte du théorème de Jensen que, pour toute valeur de x,

$$\underline{\lim}_{r=\infty} \frac{N(r, f-x)}{m(r, f)} \leq \overline{\lim}_{r=\infty} \frac{N(r, f-x)}{m(r, f)} \leq 1.$$

Dans un Mémoire récent, M. Valiron a montré que l'*ensemble des valeurs de x pour lesquelles*

(1) $$\underline{\lim}_{r=\infty} \frac{N(r, f-x)}{m(r, f)} < 1$$

est un ensemble de mesure linéaire nulle [1]. On sait d'ailleurs que c'est le meilleur résultat possible [2].

Dans cette Note, je donne une démonstration de ce théorème entièrement différente de celle de M. Valiron. Elle est basée sur une propriété des valeurs de x vérifiant l'inégalité (1) que j'ai donnée dans une Note précédente [3]. Une telle valeur doit satisfaire à l'une des conditions suivantes :

a. x est une valeur asymptotique de $f(z)$;

b. Étant donnée une suite de nombres ε_n non croissant et tendant vers zéro lorsque n croît indéfiniment, il existe une suite de couronnes $[R_n(x), R'_n(x)]$, avec

$$\lim_{n=\infty} \frac{\log R'_n(x)}{\log R_n(x)} = +\infty, \qquad \lim_{n=\infty} R_n(x) = +\infty,$$

(1) G. Valiron, *Sur la distribution des valeurs des fonctions méromorphes* (*Acta mathematica*, 47, 1925, p. 117-142). Un ensemble est dit *de mesure linéaire nulle* lorsque ses points peuvent être enfermés dans une suite de cercles dont la somme des rayons est arbitrairement petite.

(2) Voir par exemple G. Valiron, *Sur les zéros des fonctions entières d'ordre fini* (*Rendiconti del Circolo mat. Palermo*, 43, 1919, p. 255-268).

(3) E.-F. Collingwood, *Sur les valeurs exceptionnelles des fonctions entières d'ordre fini* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1125-1127).

chacune d'elles étant traversée par un chemin continu sur lequel $|f(z)-x|<\varepsilon_n$;

c. Le nombre positif arbitraire k étant donné, x est intérieur à une infinité de cercles $c_\nu(k)$ *définis par les conditions*

$$|w - w^{(\nu)}| \leqq |z^{(\nu)}|^{-k}, \qquad w^{(\nu)} = f(z^{(\nu)}), \qquad f'(z^{(\nu)}) = 0.$$

On sait que les valeurs x satisfaisant à la condition (a) sont en nombre fini [1]. En ce qui concerne la condition (c), il est clair qu'on peut prendre k supérieur à ρ et négliger un nombre fini de cercles $c_\nu(k)$. L'ensemble des points x satisfaisant à cette condition est intérieur à une infinité de cercles $c_\nu(k)$ dont la somme des rayons est moindre que

$$\sum_{\nu_0}^{\infty} |z^{(\nu)}|^{-k},$$

et cette somme est arbitrairement petite pourvu que ν_0 soit assez grand puisque c'est le reste d'une série convergente ($k > \rho$). L'ensemble des valeurs satisfaisant à la condition (c) est donc de mesure linéaire nulle. Nous allons montrer que l'ensemble des valeurs satisfaisant à la condition (b) est dénombrable. Il en résultera que l'ensemble des valeurs satisfaisant à la condition (1) est de mesure linéaire nulle.

Une valeur x vérifiant la condition (b) peut être considérée comme *partiellement asymptotique*. Un groupe de valeurs partiellement asymptotiques distinctes $x_1, x_2, \ldots, x_\mu, \ldots$, seront dites *simultanées* s'il existe une suite infinie de couronnes (R_λ, R'_λ) telles que $R'_\lambda > R_\lambda^{T(\rho)}$, $T(\rho)$ étant une constante dépendant de ρ, chaque couronne de cette suite étant intérieure à une couronne de chacune des suites

$$[R_n(x_\nu), R'_n(x_\nu)], \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, \mu, \ldots).$$

La méthode que j'ai donnée dans une Note récente [2] permet d'appliquer à tout groupe de valeurs partiellement asymptotiques simultanées le raisonnement employé par M. Carleman pour un groupe de valeurs asymptotiques ordinaires. On montre ainsi que le nombre des valeurs différentes d'un tel groupe est inférieur à une constante dépendant de ρ seulement.

---

(1) T. Carleman, *Sur les fonctions inverses des fonctions entières d'ordre fini* (*Arkiv för Math.*, 15, 1920, n° 10, p. 1-7).

(2) E.-F. Collingwood, *Sur un théorème de M. Lindelöf* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 844-846). Cette Note renferme un certain nombre de fautes d'impression qui ont été rectifiées dans un errata (p. 1202 du même volume).

L'ensemble des groupes distincts est évidemment dénombrable et toute valeur x provenant de la condition (b) appartient à un groupe au moins (x peut appartenir à une infinité de groupes et un groupe peut ne correspondre qu'à une seule valeur). L'ensemble des x satisfaisant à (b) est bien dénombrable.

Signalons en passant qu'une fonction d'ordre inférieur à $\frac{2}{\pi^2}$ ne possède pas de valeur partiellement asymptotique.

Il n'est pas inutile de rappeler ici que l'ensemble des valeurs de x pour lesquelles

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{N(r, f-x)}{m(r, f)} < 1$$

est dénombrable.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des fonctions holomorphes dans une région, et dont les valeurs appartiennent à cette région.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Emile Borel.

J'ai démontré ailleurs la proposition suivante : *Si $f(z)$ est holomorphe pour $|z|<1$, et <1 en valeur absolue, si l'on pose $f_1(z)=f(z)$, $f_{n+1}(z)=f\{f_n(z)\}$, $n=1, 2, \ldots$, alors : ou bien la suite des $f_n(z)$ converge pour chaque valeur de z vers une valeur α, indépendante de z et <1 en valeur absolue, ou bien $|f_n(z)|\to 1$ pour chaque z.*

La question suivante se pose maintenant : Existe-t-il une telle fonction $f(z)$ pour laquelle l'ensemble limite E de la suite $f_n(z)$ contient plus d'un point? Je n'ai pas encore réussi à résoudre cette question. Mais démontrons la proposition suivante :

Si $f(z)$ est holomorphe pour $|z|<1$, $|f(z)|<1$ et si de plus $f(z)$ est continue pour $|z|\leqq 1$, alors la suite des $f_n(z)$ converge pour chaque z à l'intérieur du cercle C ($|z|<1$).

La chose est évidente si l'équation $f(z)=z$ a une racine à l'intérieur de C [2].

Soit donc $f(z)\neq z$, pour $|Z|<1$. Alors j'ai démontré que $|f_n(z)|\to 1$. Je dis que pour chaque z à l'intérieur de C l'ensemble limite E est le même.

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) On exclut ici tacitement les fonctions $\frac{az+b}{cz+d}$.

En effet, soit α un point limite de $f_n(z_0)$. De la suite f_n, on peut extraire une suite f_p qui converge à l'intérieur de C vers une fonction holomorphe Φ. Puisque $|\Phi| \leqq 1$ et $|\Phi(z_0)| = |\alpha| = 1$, $\Phi \equiv \alpha$, donc α appartient à l'ensemble limite de chaque point intérieur à C. Il en résulte que E est indépendant de z pour $|z| < 1$.

Admettons maintenant que E contienne plus d'un point. Je dis que E est un arc de C, ou la circonférence entière. Il suffit de montrer que E n'est pas la somme de deux ensembles fermés E_1 et E_2, sans points communs et non vides. Admettons donc que $E = E_1 + E_2$. Soient $\mathcal{G}_1$ et $\mathcal{G}_2$ deux ensembles ouverts contenant respectivement E_1 et E_2 et extérieurs l'un à l'autre. Soit z un point à l'intérieur de C, et nommons $z_p = f_p(z)$ les points $f_n(z)$ intérieurs à G_1, $z_q = f_q(z)$ ceux qui sont intérieurs à $\mathcal{G}_2$. Il est clair que E_1 est l'ensemble limite des z_p, E_2 celui des z_q. Il y a une infinité d'indices p, tels que $p+1$ est un q, car dans le cas contraire chaque $p+1$ serait un p, à partir d'un certain rang, donc E_2 serait vide. Soit donc (ρ) une suite partielle de (p) telle que $p+1$ est un q. La suite f_ρ contient une suite f_π qui converge vers une fonction holomorphe à l'intérieur de $\mathcal{C}$. Cette fonction est une constante, parce que sa valeur absolue est en tout point égale à *un*; et puisque $f_\pi(z)$ ne peut avoir de limite hors de E_1, cette fonction est égale à une valeur α_1 de E_1. Donc $f_\pi \to \alpha_1$ en tout point intérieur à $\mathcal{C}$. En particulier $f_\pi(z_1) = f_{\pi+1}(z) \to \alpha_1$. Mais tous les $\pi+1$ sont des q, donc α_1 devrait être dans E_2. Cette contradiction montre que E est un arc de C.

Soit α un point de l'arc E. La suite z_n contient une suite z_μ qui converge vers α. La suite f_μ contient une suite $f_{\mu'}$ qui converge vers α à l'intérieur de C, donc en particulier en z_1. Il en suit que $f_{\mu'}(z_1) = f(z_{\mu'}) \to \alpha = f(\alpha)$.

En tout point de l'arc E on a donc $f(z) = z$, donc $f(z) \equiv z$, contrairement à l'hypothèse $f(z) \neq z$ pour $|z| < 1$. Il est démontré que E ne contient qu'un seul point, donc la suite $f_n(z)$ converge.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le potentiel interne dans les voûtes circulaires épaisses, et la notion de glissement moyen qui s'en déduit.* Note (1) de M. R. **Chambaud**, présentée par M. Mesnager.

1. J'ai exposé dans une Note récente (2) les principes d'une théorie des voûtes circulaires épaisses qui constitue une extension du problème de

(1) Séance du 28 décembre 1925.

(2) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 905.

Saint-Venant aux pièces *à courbure constante*. L'expression canonique que j'ai obtenue pour les tensions et les déformations permet de calculer le *potentiel élastique* Π d'une voûte d'ouverture quelconque 2ω, soumise à une résultante extérieure $\mathcal{R}$ *passant par le centre* (le rayon initial étant normal à $\mathcal{R}$). Les formules (4) et (5) donnent en effet

$$(1)\qquad \prod_{-\omega}^{+\omega} = l\int_{r_1}^{r_2}(t_3 u + n_2 v)\,dr = \mathrm{R}\mathcal{R}\,r_1\left[\frac{\sin 2\omega}{2(\lambda-1)}\int_1^{\lambda}(\nu_1\xi+\nu_2\zeta)\,d\rho - \eta\omega\right].$$

Dans cette formule où j'ai conservé mes notations, l désigne la longueur suivant les génératrices, η est fonction de λ seul, ν_1, ν_2, ξ, ζ sont fonctions de λ et de ρ (ξ et ζ dépendent aussi de σ). Toutes ces fonctions sont rationnelles ou logarithmiques; on obtient donc Π par des quadratures très simples, et l'on trouve

$$(2)\qquad (1-\sigma)\Pi = -\mathrm{R}\mathcal{R}\,r_1[(\delta-\eta\sigma)\sin\omega\cos\omega + (1-\sigma)\eta\omega],$$

δ étant, comme η, une fonction de λ, qui *tend vers un avec* λ.

2. La connaissance de Π permet de faire l'examen critique de la notion de *rotation moyenne des sections droites* que j'ai introduite dans ma première Note. La définition indiquée (moyenne des rotations des éléments de rayon) revient à remplacer la section déformée par un *plan voisin*. A la limite, quand la courbure *s'annule*, la section déformée suit un profil symétrique à inflexion, et le plan voisin en question est celui qui conserve les points situés sur la fibre moyenne et sur les fibres extrêmes. Nous rejoignons donc ici le point de vue habituel de la résistance des matériaux, et c'est le sens objectif de la définition proposée. Mais celle-ci n'en est pas moins arbitraire, et la considération du potentiel interne va nous conduire à la rejeter : On peut en effet définir un plan voisin de la section déformée par la condition qu'il passe par son centre de gravité et *corresponde à la même valeur du potentiel interne*, et il est clair qu'un tel plan doit être considéré comme *le plus voisin*, c'est-à-dire conduisant à *la meilleure définition* de la rotation moyenne.

Adoptons donc cette définition. La nouvelle valeur φ_m de la rotation moyenne s'obtiendra en écrivant l'équation de condition

$$(3)\qquad 2\mathrm{R}\mathcal{R}\,r_1(\zeta_0\sin\omega\cos\omega - \eta\omega) - \varphi_m\mathcal{R}\,r_1(\lambda+1)\cos\omega = 2\Pi,$$

où ζ_0 est la valeur de ζ sur la fibre moyenne. On en déduit

$$(4)\qquad \varphi_m = \mathrm{R}\zeta'_m\sin\omega,$$

en posant

$$(\lambda+1)\zeta'_m = 2[\zeta_1 + (1-\sigma)^{-1}(\delta-\eta\sigma)].$$

Telles sont les formules remplaçant nos précédentes formules (6). La théorie du *centre élastique* et de la *compensation des variations linéaires* s'ensuit de la même façon, il suffit de remplacer ζ'_0 par ζ'_m. On aboutit à des expressions de même forme.

3. Il est intéressant de voir l'effet de la correction apportée : l'équation $(\lambda+1)\psi_0 = 2R(\zeta_0+\eta)$ donne la rotation ψ_0 de la fibre moyenne d'après notre première formule (5). Si donc nous appelons *glissement moyen* g_m la différence $\varphi_m - \psi_0$, on aura

$$(5) \qquad g_m = R\left(\zeta'_m - 2\frac{\zeta_0+\eta}{\lambda+1}\right) = 6\,\frac{1+\sigma}{E}\,\frac{\eta-\delta}{(\lambda-1)^2}\,\frac{\mathcal{R}\sin\bar{\omega}}{S} = \frac{6}{5}\gamma_m\frac{\mathfrak{T}}{GS},$$

formule où figurent l'effort tranchant $\mathfrak{T}$ et le module d'élasticité transversale G. γ_m désigne un nouveau coefficient égal à $2,5(\lambda-1)^{-2}(\eta-\delta)$ et tendant vers *un* quand la courbure *s'annule*. Nous voyons ainsi que la loi du glissement moyen admise en résistance des matériaux est *inexacte* et doit recevoir un facteur de correction, fonction de la courbure, qui atteint 1,2 pour les pièces rectilignes. Circonstance curieuse *l'erreur est moindre aux fortes courbures*. Quant à la correction angulaire $\varphi_m - \varphi_0$ elle tend vers $\left(\frac{1}{5}-\frac{\sigma}{4}\right)\frac{\mathfrak{T}}{GS}$ quand la courbure tend vers *zéro*, ce qui permet de situer le plan *le plus voisin*. Ces résultats généralisent ceux qui ont été donnés par M. Bertrand de Fontviolant dans le cas où la courbure est nulle ainsi que le coefficient de Poisson σ (¹).

4. Dans le cas d'une résultante *à ligne d'action quelconque*, l'expression des tensions et des déformations se généralise sans autre difficulté, car les conditions nouvelles n'ajoutent pas de *distorsion*. Si ar_1 désigne la distance de $\mathcal{R}$ au centre, e l'épaisseur de la voûte, $\mathfrak{M}$ le moment de flexion dans la section courante (par rapport au centre de gravité), on a les formules *générales* suivantes :

$$(6) \qquad n_1 = \nu'_1\frac{\mathfrak{N}}{S} + \mu_1\frac{6\mathfrak{M}}{eS}, \qquad n_2 = \nu'_2\frac{\mathfrak{N}}{S} + \mu_2\frac{6\mathfrak{M}}{eS}, \qquad t_3 = \nu_1\frac{\mathfrak{T}}{S};$$

$$(7) \quad \begin{cases} u = Rr_1(\xi\cos\omega - \eta\omega\sin\omega + 2a\varkappa\rho), \qquad v = Rr_1(\zeta\sin\omega - \eta\cos\omega - 2a\gamma\rho\omega); \\ \varphi = R(\zeta'\sin\omega - 2a\gamma\omega), \quad \varphi_m = R(\zeta'_m\sin\omega - 2a\gamma\omega), \quad \psi = R(\chi\sin\omega - 2a\gamma\omega). \end{cases}$$

On a posé $\xi+\zeta+\eta = \rho\chi$ et ζ' est la dérivée de ζ par rapport à ρ. Dans ces formules ν_1, ν'_1, ν'_2, μ_1, μ_2 sont des fonctions de λ et de ρ qui redonnent les solutions de Saint-Venant quand la courbure s'annule. γ dépend de

(¹) *Résistance des Matériaux*, Paris, 1, 1923, p. 149.

λ seul et $\varkappa$ de λ, ρ et σ. Ces deux fonctions tendent vers *un* à la limite. Quant à Π il prend la forme que voici où δ', δ'' sont de nouvelles fonctions de λ analogues à δ :

$$(8) \qquad (1-\sigma)\Pi = -R\mathcal{R}r_1[(\delta - \eta\sigma)\sin\omega\cos\omega + (1-\sigma)\eta\ddot{\omega} - (\delta' - 4\delta''\sigma)a\sin\omega + 2(1-\sigma)\gamma a^2\omega].$$

L'emploi systématique de coefficients *tendant vers un* nous a permis d'obtenir une représentation objective de l'*effet de courbure*.

HYDRODYNAMIQUE. — *Au sujet de la part de résistance de remorquage d'un flotteur due à la formation d'un champ de vagues.* Note de M. E. G. **Barrillon**, présentée par M. Rateau.

Les deux causes principales de résistance de remorquage d'un flotteur affiné en translation uniforme sont le frottement et la formation de vagues; pour une série de flotteurs ne différant que par le développement de la partie cylindrique comprise entre un avant et un arrière toujours les mêmes, la résistance de remorquage à une même vitesse donne, après déduction du frottement, une résistance, dite directe, variant avec la longueur de la partie cylindrique et passant, pour certaines valeurs de celle-ci, par des minima attribuables à l'interférence favorable des divers systèmes de vagues formés.

La discussion de ces effets est rendue peu certaine par l'impossibilité de mesurer séparément la part de résistance due aux divers systèmes de vagues composants. Il a donc été jugé utile d'étudier des ensembles formés de parties à résistances séparément mesurables. Dans ces essais, le flotteur sur lequel se font les mesures dynamométriques est placé dans un champ de vagues artificiel formé par un ou plusieurs autres flotteurs.

Divers dispositifs ont été employés :

1. Un flotteur naviguant dans le sillage d'un autre flotteur axial, générateur de vagues.

2. Un flotteur naviguant dans le système de divergentes d'un flotteur générateur, ces divergentes étant réfléchies sur des parois fixes de façon à former un nouveau système divergent en un point éloigné du flotteur générateur.

3. Un flotteur naviguant dans le système de divergentes de deux demi-flotteurs latéraux.

4. Un flotteur naviguant dans le champ de vagues combiné, résultant de la formation simultanée des systèmes 1 et 3.

Résultats observés. — Dans un train constitué suivant la disposition 4, avec position fixe de tous les flotteurs les uns par rapport aux autres, si l'on mesure les résistances de remorquage du flotteur arrière, pour diverses vitesses de route de l'ensemble du train, on constate que, si le train est correctement constitué, il existe des vitesses pour lesquelles la résistance de remorquage du flotteur arrière passe par un minimum. Ce minimum est dû à la superposition d'interférences favorables à la fois pour les divergentes et pour les transversales; il est très nettement marqué.

Voici un exemple dans lequel, pour une variation de 1,5 pour 100 de la vitesse de route, la résistance varie de plus de 25 pour 100.

V_r.	Résistance totale du flotteur dans le champ de vagues artificielles.	Résistance totale du même flotteur remorqué isolément.	Résistance de frottement du même flotteur remorqué isolément.
m : s	kg	kg	kg
1,968..........	1,167	3,481	0,682
1,980..........	0,990	3,556	0,690
1,983..........	0,853	3,565	0,692
1,990..........	0,781	3,606	0,696
1,995..........	0,780	3,648	0,700
2,000..........	0,728	3,677	0,702
2,016..........	0,925	3,778	0,713
2,025..........	1,085	3,842	0,718
2,028..........	1,425	3,860	0,720

Dans cet exemple, pour 2 m : s de vitesse de route, la résistance de remorquage du flotteur isolé est de $3^{kg},677$ dont $0^{kg},702$ de frottement et par conséquent $2^{kg},975$ de résistance directe attribuable à la formation de vagues et de remous.

La résistance totale, dans le champ des vagues artificielles, est de $0^{kg},728$; il reste donc seulement $0^{kg},026$ de résistance attribuable aux vagues et aux remous. La résistance due à la formation des vagues est pratiquement annulée. Appelant degré de récupération le rapport de la diminution de résistance due aux vagues artificielles à la résistance directe du même flotteur isolé, à la même vitesse de route, on trouve ici un degré de récupération de

$$\frac{3,677 - 0,728}{3,677 - 0,702} = 0,99.$$

Il n'y a d'ailleurs *a priori* aucune raison pour que le degré de récupéra-

tion ne soit pas supérieur à 1 dans des cas où les sources de vagues artificielles seraient plus puissantes que les flotteurs que j'ai employés.

Les degrés de récupération pour la disposition 1 ne dépassent pas 20 pour 100 aux écartements correspondants aux essais avec système artificiel combiné. Les degrés de récupération pour la disposition 3 ne dépassent pas 83 pour 100. Les degrés de récupération, voisins de l'unité, obtenus avec la disposition 4 sont dus à la superposition des deux effets d'interférence.

Pour le cas de l'exemple, le poids du flotteur attelé au dynamomètre était de $53^{kg},1$ (surface mouillée $1^{m^2},033$).

Le train formant le champ de vagues artificielles était composé d'un flotteur axial, dont l'étambot était à $13^{m},816$ de l'étrave du flotteur attelé au dynamomètre, et de deux demi-flotteurs latéraux, dont les étambots étaient à $3^{m},613$ en avant de l'étrave du flotteur attelé au dynamomètre. La distance entre les longitudinaux des deux demi-flotteurs était de $4^{m},2$. Le système des divergentes du flotteur axial passait sur l'avant des deux demi-flotteurs.

Ces essais montrent qu'il est possible d'annuler la résistance directe de remorquage d'un flotteur en le plaçant dans un champ de vagues artificiel convenable, et que les interférences entre divergentes sont aussi importantes que les interférences entre transversales, qui seules jusqu'ici servaient de base à l'explication des variations de résistance à vitesse constante observées sur les flotteurs à partie cylindrique variable.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *De la température des taches solaires.* Note (1) de M. V. Bjerknes, présentée par M. Deslandres.

Considérons un milieu fluide qui possède une surface libre. Supposons que la densité du milieu croît vers le bas plus rapidement que ne le demande la compression. C'est là le point fondamental : il ne s'agit pas, comme dans l'hydrodynamique classique, du fluide idéalisé barotrope, dont l'état d'équilibre interne est indifférent. Il s'agit d'un système fluide intrinsèquement hétérogène, dont l'état d'équilibre interne est stable, et dans lequel les surfaces isobares et les surfaces équisubstantielles peuvent se couper pendant le mouvement (état barocline) (2). Si le milieu a les propriétés d'un gaz,

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) Voir Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, 3, 3e édit., 1921, Chap. XXXVII : Fluides baroclines.

il faut que la température croisse vers le bas plus lentement que suivant la loi adiabatique. Une masse qui a été élevée au-dessus de son niveau d'équilibre reçoit donc, par son refroidissement adiabatique, une température plus basse et une densité plus grande que les parties environnantes, et tend à retomber à son niveau d'équilibre.

Considérons dans ce milieu un tourbillon horizontal. Il produit dans la surface libre une dépression D au-dessous du niveau d'équilibre qui donne une mesure propre de l'intensité du tourbillon. La circulation autour de l'axe vertical doit être un maximum à la surface, et décroître vers le bas, en devenant nul dans une profondeur H au-dessous de la surface. H représente ainsi l'épaisseur du tourbillon. L'excès de circulation dans les couches supérieures donne un excès de force centrifuge dans les parties supérieures du tourbillon. Il agit comme une pompe centrifuge. Des masses lourdes sont élevées d'en bas jusqu'à ce que l'effet centrifuge soit balancé par le poids de ces masses. Si la distribution des vitesses est donnée, on peut toujours calculer la distribution des masses qui donne cet équilibre. On y arrive très facilement en appliquant le théorème général des circulations (¹), ou bien en se servant des formules que j'ai données pour les tourbillons circulaires (²). Si le milieu est gazeux, on passe ensuite par l'équation des gaz à la distribution correspondante des températures, qui montrera une dépression de température dans les parties centrales du tourbillon.

Suivons la surface libre d'un point très éloigné jusqu'au point le plus profond au centre du tourbillon. On y trouve la dépression D au-dessous du niveau d'équilibre, et une dépression correspondante de température $\Delta T = T - T_0$. Pour prendre le cas le plus simple, supposons que l'inclinaison de la surface libre reste petite, et supposons que la vitesse décroisse suivant une loi linéaire de la surface à la profondeur H. Si la dépression ΔT est petite comparée aux températures absolues T_0 et T, on trouve facilement qu'on peut la calculer par la formule

$$\Delta T = 2T\frac{D}{H}.$$

En cas de plus grandes dépressions de température on se sert de la for-

---

(¹) V. Bjerknes, *Ueber die Bildung von Cirkulationsbewegungen und Wirbeln in reibungslosen Flüssigkeiten* (*Videnskabsselskabets Skrifter*, Christiania, 1898).

(²) V. Bjerknes, *Dynamics of the circular Vortex with applications to the Atmosphere and atmospheric Vortex and Wave motions* (*Geofysiske Publikationer*, 2, nº 4, Christiania, 1921, p. 1).

mule plus exacte

$$\operatorname{lognat} \frac{T}{T_0} = 2 \frac{D}{H}.$$

La dépression de température est ainsi une fonction très simple du rapport entre la dépression tourbillonnaire D et l'épaisseur du tourbillon H.

Appliquons cela à un tourbillon à la surface du Soleil. Introduisant $T = 6000^\circ$ on trouve les dépressions de température suivantes, dont les plus grandes sont calculées par la formule logarithmique

$\frac{D}{H}$	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
ΔT	12°	120°	1100°	2000°	2700°	3300°	3800°

Le paradoxe des basses températures que présentent les taches solaires s'explique ainsi sans difficulté, y compris le paradoxe additionnel qu'on trouve les températures les plus basses dans des cavités de la surface du Soleil. On arrive à ces basses températures même avec une inclinaison très modérée de la pente dans la dépression. Elle n'excédera pas 1 : 10 si l'épaisseur H du tourbillon n'excède pas un dixième des dimensions horizontales du tourbillon.

Les vitesses qui correspondent à ces inclinaisons, à des distances différentes de l'axe d'un tourbillon, restent aussi très modérées pour les conditions dans le Soleil. Des vitesses d'une fraction de 1^{km} à 20^{km} par seconde suffiront amplement. On obtient l'image d'un tel tourbillon solaire en agrandissant 100 fois les dimensions horizontales et verticales d'un cyclone tropical, et en augmentant dans un rapport un peu plus petit les vitesses. Observons que, suivant l'explication que nous venons de donner, la basse température des taches solaires et les basses températures dans les cyclones terrestres sont des phénomènes analogues ([1]).

On a douté qu'une masse gazeuse comme le Soleil puisse avoir une surface libre, et l'on a essayé d'en expliquer l'apparence par une illusion d'optique. Mais la théorie que nous venons de développer restera valable si l'on suppose qu'il y a un changement rapide des densités des gaz solaires quand on passe de la photosphère à l'atmosphère solaire.

Une discussion plus complète de cette théorie tourbillonnaire des taches solaires paraîtra bientôt dans un autre Recueil.

([1]) J.-W. Sandstrom, *Ueber die Beziehung zwischen Temperatur und Luftbewegung in der Atmosphäre unter stationären Verhältnissen* (*Ofversigt af K. Vetenskapsakademiens Handlingar*, Stockholm, 1901; *Meteorologische Zeitschrift*, 1902).

PHYSIQUE. — *Propagation d'ondes sonores courtes et de faible pression.* Note (¹) de M. Th. Vautier.

Nous avons enregistré les passages à l'intérieur de la conduite du cours Gambetta d'ondes sonores produites par des étincelles ou des amorces de pistolet non seulement au moyen de microphones (²), mais encore en employant comme réceptrices des membranes en caoutchouc mince munies de petits miroirs et placées comme le microphone à 50^m de l'éclateur. L'une d'elles (n° 1) a été placée près du bord de la conduite à 10^{cm} et communiquait directement avec l'air libre; sur son centre reposait le bord d'un petit miroir collé sur un fil d'argent adhérant au porte-membrane par ses extrémités et dont la torsion assurait le contact; c'est le montage le plus sensible. L'autre membrane (n° 2), située au centre de la conduite, formait la paroi mobile d'une boîte cylindrique très plate communiquant avec l'extérieur par un petit orifice; elle était ainsi très amortie. Les amorces de pistolet nous ont aussi servi à rendre comparables les vitesses des ondes aux divers jours (*loc. cit.*). Ainsi que le montre le tableau suivant, les ondes d'étincelle de diverses puissances ont la même vitesse ($330^m,58$); celles des amorces aussi; on sait que le microphone nous a donné la même valeur : les résultats concordent malgré l'emploi de réceptrices aussi différentes :

Distance explosive.	W joules.	Vitesse moyenne.
	Membrane n° 1.	
28^{mm}..........	39,4	330,60 ± 0,04
5..........	13	59 ± 0,02
5..........	27	57 ± 0,03
	Membrane n° 2.	
27..........	37,9	330,58 ± 0,04
Vitesse des amorces de pistolet.		330,58

La membrane amortie ne donne pas de signaux assez nets pour les distances explosives inférieures.

La portée des ondes s'obtient à un parcours près en comptant, sur les

---

(¹) Séance du 28 décembre 1925.

(²) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1055.

tracés dont nous avons déduit les vitesses, le nombre de passages visibles marqués par les signaux des membranes : celles-ci sont situées à 50^m de l'éclateur placé à l'origine de la conduite dont l'autre extrémité est fermée à $207^m,45$. Le tableau suivant indique les résultats obtenus pour les étincelles et pour les amorces de pistolet. Un téléphone oscillographe reçoit le courant amplifié des microphones.

Distance explosive.	Énergie en joules.	Nombre de passages.	Portée en mètres.	Nombre de réflexions.
	Deux microphones en parallèle.			
mm 5	8,5	7	1301	6
5	17	7	1301	6
5	34	9	1715	8
7,5	14	9	1715	8
10	19,6	9	1715	8
15	24.3	11	2130	10
20	33	13	2545	12
28	39,4	17	3375	16
30	41	17	3375	16
Amorces de pistolet.		21	4205	20
	Membrane n° 1.			
5	13	9	1715	8
5	27	13	2545	12
28	39,4	25	5035	24
Amorces de pistolet.		25	5035	24
	Membrane n° 2.			
27	37,9	13	2545	12
Amorces de pistolet.		15	2960	14
	Membrane n° 1.			
28	36,4	5	6616	4
Amorces de pistolet.		5	6616	5

L'oreille entend les étincelles de 28^{mm} après 4920^m et deux réflexions.

C'est surtout la distance explosive qui fait croître la portée; à même distance explosive elle augmente avec la puissance. La portée indiquée dans les deux dernières lignes se rapporte à des étincelles et amorces dont les ondes parcouraient la conduite dans toute sa longueur primitive, soit $1640^m,15$. Sur ce long parcours, aux mêmes distances explosives $d = 28^{mm}$ et même puissance 36 à 39 joules, la portée est de 6616^m avec 4 réflexions

au lieu de 5035^m et 24 réflexions sur la longueur réduite, la membrane réceptrice étant la même : ainsi quoique le nombre de réflexions soit 6 fois plus petit, la portée n'a augmenté que de 1581^m, soit 0,31. On voit combien l'onde est plus affaiblie par son trajet aérien que par ses réflexions. La membrane la plus sensible est celle dont le miroir est collé sur fil d'argent, même aux faibles puissances et distances explosives. On voit encore que les puissances des ondes d'amorces et celles des plus fortes étincelles estimées d'après leur portée ne diffèrent pas beaucoup : le microphone donne une portée de 3375^m pour l'étincelle $d = 28^{mm}$, $W = 39,4$ et 4205^m pour l'amorce, mais la membrane n° 1 plus sensible donne la même portée 5035^m pour les deux ondes.

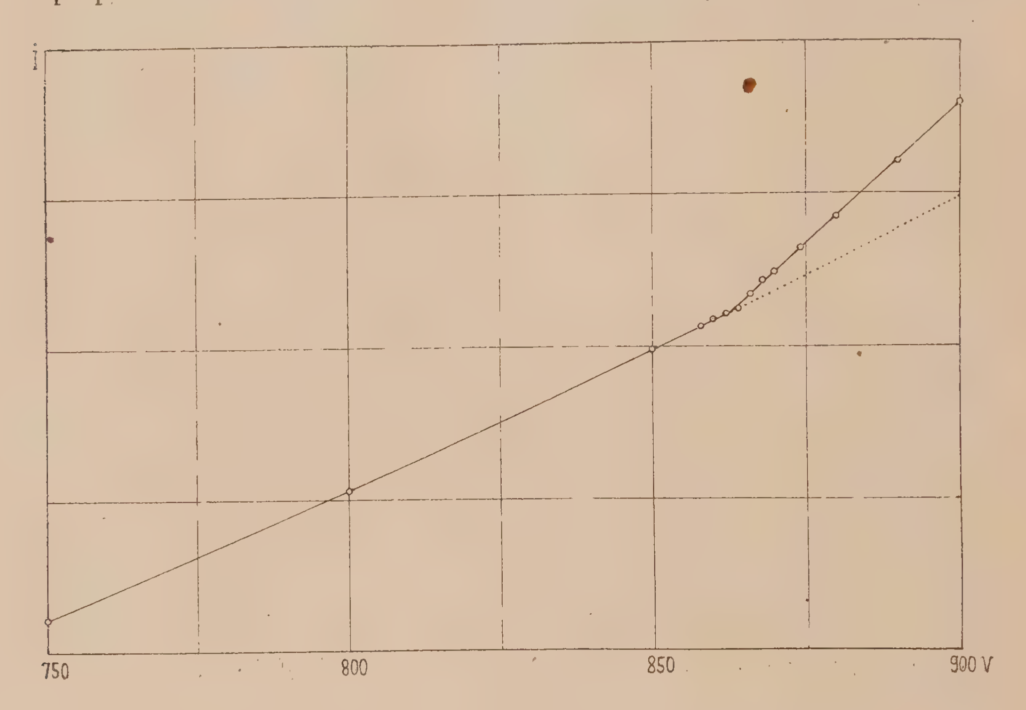
La forme en V des signaux des microphones et des membranes ne peut être considérée comme étant exactement celle de l'onde ; cependant nous avons cherché à en tirer parti pour la détermination approximative de l'amplitude et de la distance front-sommet. Avec la membrane très amortie, le rapport des amplitudes des passages de même sens (2 parcours et 2 réflexions), qui est de 0,5 pour le premier parcours, croît jusqu'à 0,75 pour les derniers. Le microphone et la membrane très amortie indiquent que pour les faibles puissances, la distance front-sommet atteint environ 1 millième de seconde et, pour les plus fortes, 3,5. Si, comme des expériences en cours nous le font croire, le sommet a atteint le quart de l'onde aux derniers parcours, l'onde aurait une durée de 4 à 14 millièmes de seconde, soit une longueur de 1^m,5 à 5^m.

ATOMISTIQUE. — *Potentiel critique* K *du néon*. Note [1] de M. F. **Holweck**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai appliqué au néon la méthode décrite dans de précédentes Notes [2]. La pression de ce gaz à l'intérieur de l'électroscope était de 1^mm de mercure environ. Il se présentait ici une difficulté qui n'existait pas dans les précédentes mesures sur la série L entre 68 et 246 volts : la bande K du néon ayant une fréquence supérieure à celle du carbone, la répartition des longueurs d'onde dans le spectre continu de l'anode devait être perturbée par la filtration sélective de la feuille étanche de celluloïd, indispensable

(1) Séance du 21 décembre 1925.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 266 et 658.

pour séparer le tube producteur de rayons de l'électroscope, Je n'ai pas trouvé de feuille métallique sans trou suffisamment mince (o,1 mg : cm²) pour remplacer ce film de celluloïd, mais on peut tourner la difficulté en superposant à une feuille de celluloïd étanche aussi mince que possible



(o,8 . 10⁻⁵ cm), un filtre non sélectif dans la région étudiée et relativement important; par exemple, une ou deux feuilles d'aluminium battu (o,18 mg : cm²).

La courbe $I = f(V)$ du courant d'ionisation en fonction de la différence de potentiel sous laquelle sont produits les rayons X présente une discontinuité très franche, ainsi que le montre la figure, pour 862 ± 3 volts (moyenne de six mesures); c'est le potentiel critique K. L'extrapolation, courte d'ailleurs, car il n'y a à franchir que le sodium, de la série K déterminée par la voie de la spectroscopie cristalline, donne un nombre en bon accord : 856 volts environ. La mesure directe est vraisemblablement plus précise.

RAYONS X. — *Détermination en valeur absolue des longueurs d'onde de rayons X au moyen d'un réseau par réflexion tracé sur verre.* Note [1] de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La spectroscopie des rayons X est basée sur la diffraction de ces radiations dans les milieux cristallisés qui fonctionnent comme de véritables réseaux, dont la constante, la distance réticulaire d, peut être calculée au moyen de certaines hypothèses dues à Bragg. Pour un cristal de sel gemme (M masse moléculaire de NaCl par rapport à l'hydrogène, m_0 masse absolue de l'atome d'hydrogène, ρ densité du cristal) par exemple, $d=\sqrt[3]{\frac{M m_0}{2\rho}}$ soit $d = 2,814$ Å. Pour la calcite Siegbahn adopte $d = 3.0283$ Å. La mesure directe de ces distances réticulaires (et par suite celle des longueurs d'onde) n'avait pu être obtenue.

1. Par ailleurs les radiations Röntgen possèdent un indice de réfraction μ, très voisin de l'unité ($\mu = 1 - \delta$) et on a pu observer leur réflexion totale sur divers miroirs pour des angles d'incidence θ très rasants, inférieurs à un angle limite de réflexion totale $\theta_m = \sqrt{2\delta}$.

Les radiations X ayant ainsi des propriétés optiques identiques à celles de la lumière ordinaire on peut songer à les diffracter au moyen de réseaux tracés sur verre, bien que l'écartement de traits minimum réalisable semble encore trop considérable pour obtenir la diffraction de longueurs d'onde de l'ordre de l'angström. Toutefois, en éclairant le réseau sous un angle θ très faible, la différence des chemins optiques des deux ondes refléchies par des éléments voisins du réseau peut devenir très petite et, dans ces conditions, on doit observer la diffraction des rayons X. Si, de plus, l'angle θ est lui-même inférieur à l'angle limite θ_m, il y aura *réflexion totale* et par suite le maximum d'intensité des faisceaux diffractés. Le $n^{\text{ième}}$ ordre de diffraction d'une longueur d'onde λ se produira sous l'angle α tel que

$$n\lambda = \frac{d}{2}\Delta\alpha, \tag{1}$$

d étant la constante du réseau. C'est ce qu'ont observé Doan et A. H. Compton [2] sur les radiations du molybdène au moyen d'un réseau métallique.

---

[1] Séance du 21 décembre 1925.

[2] *American Physical Society*, 1, novembre 1925, p. 6.

J'ai utilisé, pour la même étude, un tube démontable à anticathode de cuivre marchant au régime continu de 14 milliampères et 12^{cm} d'étincelle. Le pinceau utile, délimité par deux fentes (de $0^{mm},6$ à $0^{mm},1$), à 18^{cm} l'une de l'autre, tombe (*fig.* 1) sur un réseau plan sur verre de 200 traits au millimètre, n'ayant pas 4^{mm} de largeur afin de diminuer l'incertitude sur l'origine des faisceaux diffractés. Le réseau est monté sur un goniomètre très précis. Les temps de pose varient de 10 minutes à 2 heures pour D allant de 40 à 130^{cm}. On obtient très exactement (*fig.* 2) les phénomènes prévus : une tache

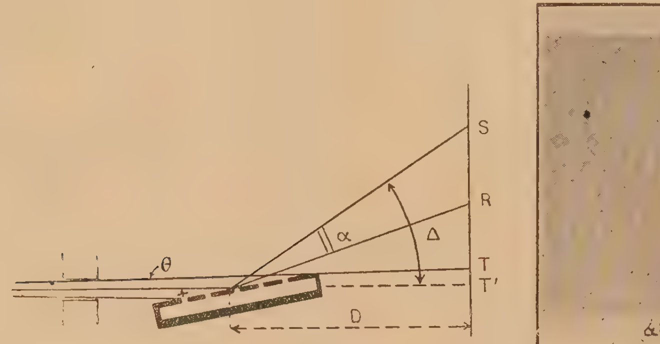


Fig. 1

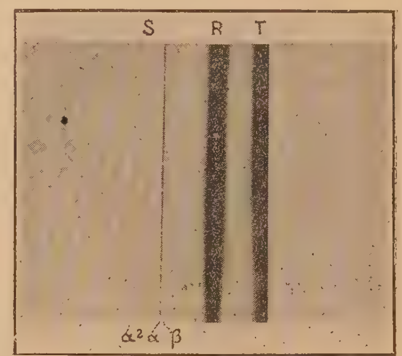


Fig. 2

centrale T due aux rayons directs; une tache R de réflexion totale, puis un spectre S de diffraction, remarquable par la finesse de ses raies. On observe les raies α et β de la série K du cuivre, puis les ordres successifs de $K\alpha$ qui ont été suivis jusqu'au 3°. Les raies de diffraction disparaissent d'ailleurs en même temps que la tache R de réflexion totale lorsque θ vient à dépasser l'angle limite.

2. Pour la plus grande dispersion utilisée ($D = 130^{cm}$) la raie $K\alpha$ apparaît à 14^{mm} de la tache centrale et son second ordre à 18^{mm}, distances suffisantes pour des mesures précises à la machine à diviser. L'ombre portée par le bord du miroir apportant une indétermination sur le zéro T' à adopter il est préférable de *calculer* θ à partir des mesures faites pour l'angle α sur les deux premiers ordres de la raie $K\alpha$. On obtient alors le produit $\Delta\alpha$ à moins de 1 p. 100 près : $\Delta\alpha = 61,6 \times 10^{-6}$. La constante du réseau, étudiée au microscope est $d = 5,00 \pm 0^{cm},01$. On détermine par suite, d'après (1), pour longueur d'onde le la raie $K\alpha$ Cu la valeur $\lambda = 1,540$ Å (à 1 p. 100 près) alors que la diffraction dans les cristaux et les valeurs admises pour leurs distances réticulaires fournissent $\lambda = 1,538$ Å. La concordance excellente de ces chiffres justifie les valeurs adoptées pour les distances réticulaires.

L'effet Compton ne paraît pas intervenir pour augmenter la longueur d'onde des radiations diffusées : la théorie prévoit d'ailleurs que cet accroissement, s'il se produisait, ne serait que du millionième d'angström pour l'angle Δ utilisé. Il n'en serait pas de même si Δ atteignait l'ordre du radium, ce que l'on observerait peut-être en essayant la réflexion totale et la diffraction des rayons X sur une face cristalline prise comme réseau par réflexion. On aurait là un moyen très simple pour l'étude de l'effet Compton.

3. On mesure donc par le même procédé et avec le même réseau les longueurs d'ondes optiques et celles des rayons X et la valeur *absolue* de ces dernières, de même que les valeurs attribuées aux constantes cristallines, reçoivent une confirmation définitive, qui ne faisait, du reste, que peu de doute.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrographe à plaque non inclinée.*
Note (1) de M. **Pierre Sève**, présentée par M. A. Cotton.

Pour construire un spectrographe donnant dans l'ultraviolet un spectre normal à l'axe de la chambre photographique, et éviter ainsi les inconvénients de l'inclinaison du châssis, on peut employer des lentilles achromatiques. Les lentilles quartz-fluorine sont parfaites; malheureusement il semble impossible actuellement de se procurer de la fluorine sans défaut, même en y mettant un prix élevé. On peut également utiliser des miroirs concaves métalliques, mais celui qui sert d'objectif doit avoir une grande ouverture si l'on désire un champ un peu étendu.

Le dispositif qui fait l'objet de cette Note et dont la figure ci-après donne le schéma permet d'obtenir le même résultat avec un seul miroir de faible ouverture et deux lentilles simples de quartz peu coûteuses.

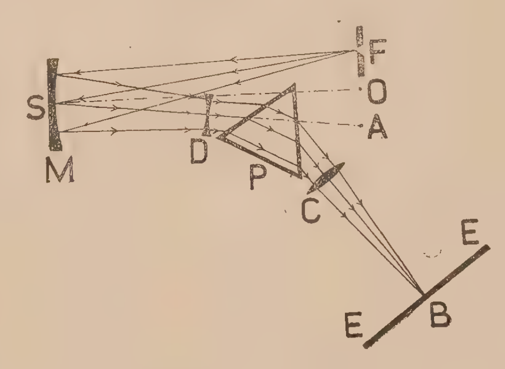
Un miroir concave M de sommet S et de centre O donne de la fente F une image réelle A parfaitement achromatique. Une lentille divergente de quartz D dont la distance focale pour la radiation moyenne est DA est interposée sur le faisceau qui converge en A. Elle le transforme pour cette radiation en un faisceau parallèle qui est dévié par le prisme P placé au minimum de déviation pour cette radiation moyenne.

Une lentille convergente C dont la puissance est égale en valeur absolue à celle de D donne de ce faisceau une image en B.

---

(1) Séance du 28 décembre 1925.

Les radiations de longueurs d'onde plus grandes ou plus petites donnent des images situées de part et d'autre de B. Les aberrations chromatiques des deux lentilles se compensant en première approximation, ces images sont sensiblement à la même distance de C et sont au point sur la plaque EE normale à CB.



J'ai fait l'essai de ce dispositif avec un miroir de verre platiné (¹) de 150^{cm} de rayon, un prisme de quartz et des lentilles de quartz de 45^{cm} de distance focale et de 2^{cm},5 de diamètre utile. J'ai obtenu de cette façon des clichés du spectre d'arc du cuivre de 9^{cm} de longueur environ et donnant les raies de ce métal comprises entre 5782 Å et 1979 Å avec une netteté très satisfaisante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés thermiques du soufre visqueux.* Note (²) de M. **P. Mondain Monval**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Parmi les propriétés physiques très diverses qui ont fait l'objet des nombreuses recherches relatives aux curieuses modifications du soufre liquide (viscosité, densité, solubilité, tension superficielle), il m'est apparu qu'il n'existe dans la littérature que des données tout à fait insuffisantes sur les propriétés thermiques du soufre visqueux. Je me suis efforcé de combler cette lacune et ce sont les résultats de mes recherches expérimentales : chaleurs spécifiques du soufre liquide et du soufre visqueux, chaleur de transformation de l'une en l'autre de ces deux modifications que je résume dans la présente Note.

(¹) Le platinage a été effectué par M. Duffieux, par projection cathodique.

(²) Séance du 28 décembre 1925.

J'ai déterminé dans ce but les quantités de chaleur abandonnées par 1^{g} de soufre porté à une série de températures T (variant de 60 à 270° dans mes expériences) en se refroidissant jusqu'à la température ambiante, soit 15°, au sein d'un calorimètre.

Une masse connue (7^{g},605) de soufre cristallisé dans le sulfure de carbone, scellée dans une ampoule en verre « Pyrex », était portée à la température convenable à l'intérieur d'une jaquette à air immergée dans un bain d'huile de vaseline chauffée. Elle était alors projetée, sans être à aucun moment en contact avec l'air extérieur, dans un calorimètre Berthelot séparé du bain d'huile par des écrans de carton d'amiante. Il importait d'éviter la trempe du soufre et la formation de soufre mou instable à la température ordinaire, fort mal défini au point de vue thermique et en proportions variables d'une expérience à l'autre; formation qui aurait été inévitable si le soufre chauffé au delà de 160° avait été mis brusquement au contact de l'eau froide du calorimètre. Aussi l'ampoule tombait-elle non pas dans l'eau, mais à l'intérieur d'un équipage flotteur en laiton que l'on refermait aussitôt et qui, muni d'ailettes, servait en même temps d'agitateur pour l'eau du calorimètre. L'ampoule et son contenu s'y refroidissaient en quelques minutes au-dessous de 160°. On ouvrait alors le flotteur et l'immergeant complètement permettait à l'eau le contact direct avec l'ampoule. La mesure calorimétrique était terminée à la façon habituelle. Le contenu de l'ampoule après l'opération a toujours présenté l'aspect jaune clair et opaque caractéristique du soufre orthorhombique.

L'ensemble de mes expériences a été effectué avec une même ampoule. Pourtant dans le graphique ci-après figurent trois déterminations à 148°, 191° et 208° relatives à une seconde ampoule contenant du soufre préalablement traité à l'ammoniaque et en renfermant encore quelques traces. On voit que l'influence de ce composé qui s'est montrée considérable sur la viscosité du soufre liquide est ici insensible.

Le graphique ci-après contient le résultat de mes mesures. T est la température centigrade à laquelle a été portée l'ampoule. $T-t°$ est la chute de température qu'a subie le soufre en abandonnant q calories par gramme. Nous avons déterminé séparément la quantité de chaleur abandonnée par le verre de l'ampoule en effectuant une série de mesures analogues avec une ampoule vide en Pyrex provenant de la même canne.

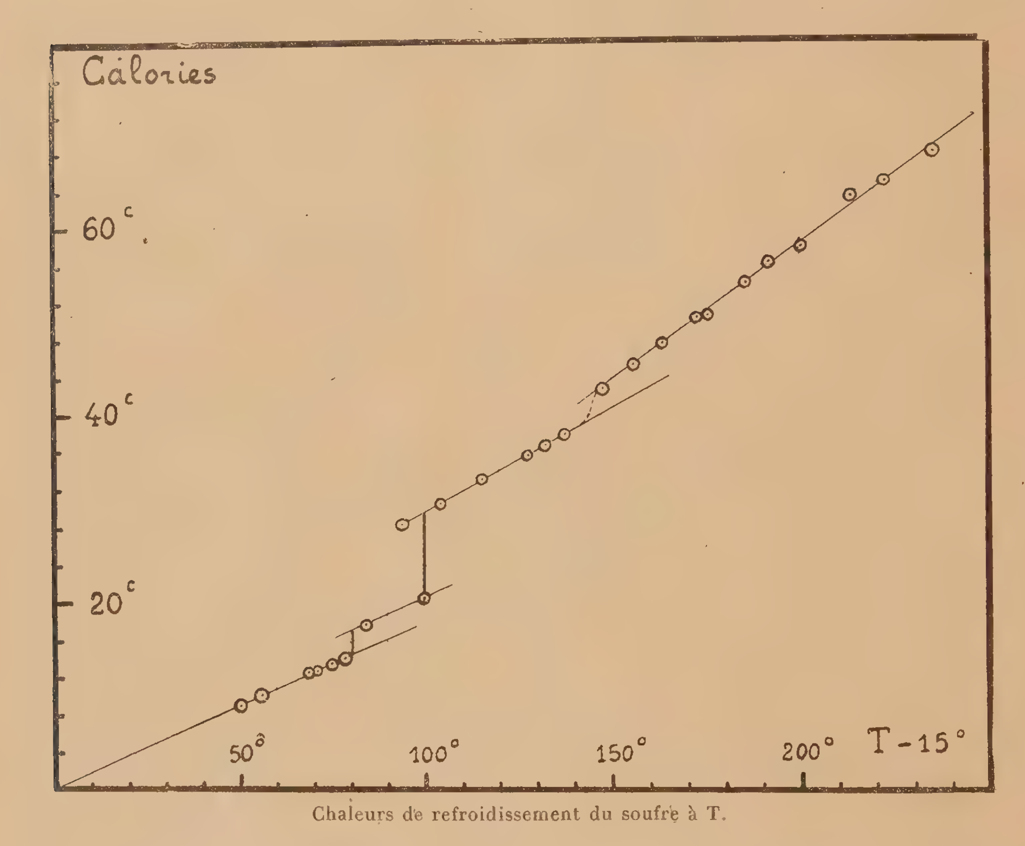
La courbe obtenue se compose de quatre branches correspondant respectivement au soufre orthorhombique, monoclinique, liquide et visqueux. La différence des ordonnées de deux points des courbes ayant même abscisse représente à l'échelle du diagramme la chaleur de transformation. On remarquera la discontinuité très nette vers $T-15° = 145°$ soit $T = 160°$.

On voit que la transformation du soufre liquide en soufre visqueux vers 160° se fait avec une absorption de chaleur très notable qui correspond à $2^{cal},8 \pm 0^{cal},1$ par gramme [1].

---

(1) On sait qu'à cette température, le soufre liquide contient une certaine proportion de soufre insoluble qui s'accroît brusquement dès que l'on dépasse 160°.

Les chaleurs spécifiques moyennes des diverses variétés de soufre sont données par les pentes des droites tracées sur le diagramme qui représentent assez fidèlement l'ensemble de nos expériences. On obtient ainsi



Chaleurs de refroidissement du soufre à T.

pour le soufre orthorhombique 0,176, pour le soufre liquide 0,220 et pour le soufre visqueux 0,290, cette valeur différant légèrement des déterminations antérieures [1].

Enfin la même construction graphique donne $2^{cal},7$ pour la transformation à 95° du soufre orthorhombique en soufre monoclinique et $9^{cal},3$ comme chaleur de fusion du soufre monoclinique.

---

(1) Dussy, *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 305. — Lewis et Randall, *Journ. amer. chem. Soc.*, 33, 1911, p. 476.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *L'oxydation rapide des huiles siccatives et les anti-oxygènes.* Note de M. **F. Taradoire**, présentée par M. Charles Moureu.

1. L'exposition à l'air, du coton imbibé d'un mélange d'huile siccative, d'essence de térébenthine et d'un siccatif, produit à la température ordinaire un échauffement de la masse qui provoque ensuite son inflammation spontanée.

En comparant les indices d'iode des huiles siccatives dans les essais effectués (huiles de lin, d'œillette, de noix, de Chine, etc.) avec les durées d'exposition à l'air nécessaires pour atteindre l'inflammation, on a pu se rendre compte que ces durées d'exposition augmentent lorsque les indices d'iode diminuent.

Parmi les divers siccatifs employés (résinates de zinc, de fer, de manganèse et de plomb), le résinate de manganèse est celui qui a provoqué les inflammations les plus rapides.

Enfin la durée d'exposition à l'air nécessaire pour atteindre l'inflammation diminue à mesure que la température de l'air s'élève et que celui-ci circule plus rapidement autour des masses de coton.

Ces inflammations spontanées peuvent s'expliquer par l'oxydation rapide des huiles siccatives en présence des siccatifs. Ces mélanges, se trouvant répandus en couche mince sur les fibres du coton, offrent ainsi une grande surface de contact avec l'air, ce qui facilite l'action de l'oxygène. La chaleur, dégagée par l'oxydation de l'huile qui se trouve à l'intérieur de la masse, ne pouvant se dissiper par suite de la mauvaise conductibilité calorique des fibres, s'accumule peu à peu et contribue ainsi à augmenter la vitesse de la réaction d'oxydation.

En imbibant de l'amiante en floches, à l'aide du mélange d'huile de lin, d'essence de térébenthine et de siccatif au résinate de manganèse, on a pu constater que la température s'est élevée jusqu'à 300° en certains points de la masse.

Le coton chauffé seul vers 210°-220° prenant feu spontanément au contact de l'air, sous l'influence d'une transformation exothermique que subit la cellulose à cette température, l'oxydation rapide des huiles siccatives paraît avoir seulement pour effet de porter le coton vers 210°.

2. Des inflammations spontanées du coton des chiffons d'essuyage se produisant parfois dans les ateliers où l'on utilise des peintures, des vernis,

ou des produits entrant dans leur composition, ces essais ont été effectués dans le but de connaître les moyens à employer pour les éviter.

Ces inflammations paraissant provoquées par l'oxydation rapide des huiles siccatives, en empêchant cette oxydation ou en la ralentissant suffisamment de manière à éviter toute élévation rapide de température, on devait pouvoir éviter ces accidents.

Ceci a conduit à rechercher si en particulier les corps que MM. Moureu et Dufraisse ont désigné sous le nom d'antioxygènes ne seraient pas capables, comme ils le font vis-à-vis de tant d'autres matières oxydables étudiées par ces auteurs, d'empêcher l'oxydation des huiles siccatives mélangées aux chiffons d'essuyage. Dans ce but on a utilisé des produits organiques et du soufre pulvérisé, que l'on a incorporés au coton imbibé du mélange d'huile, d'essence de térébenthine et de siccatif, avant son exposition à l'air.

Parmi les composés organiques on a employé des phénols, des amines, des dérivés nitrés, ainsi que des produits divers, mais toujours en petite quantité : 1^{g} dans 100^{g} de coton imbibé. On a trouvé dans ces conditions, que certains corps tels que : phénol, β-naphtol, hydroquinone, ont seulement retardé l'inflammation, tandis que d'autres corps, tels que : gaïacol, α-naphtol, aniline, diméthylaniline, diphénylamine, quinhydrone, hexaméthylène-tétramine, ont empêché l'inflammation.

L'emploi des dérivés nitrés des phénols et des amines n'a pas empêché l'inflammation, mais a montré seulement que l'augmentation du nombre des groupements nitrés dans la molécule diminuait l'action antioxygène de ces corps, les dérivés trinitrés ne possédant, par exemple, aucune activité.

En utilisant le soufre pulvérisé en quantité suffisante (2^{g} dans 100^{g} de coton imbibé), il ne s'est produit aucune inflammation spontanée, mais on a pu remarquer, dans ce cas, un échauffement des masses exposées à l'air. La température s'est élevée jusque vers 100°, puis elle est redescendue lentement, sans que l'inflammation se produise, le coton n'ayant pas été porté à la température minima nécessaire (210°-220°) pour provoquer son inflammation spontanée.

Ces variations de température des masses de coton imbibées, contenant du soufre et exposées à l'air, montrent qu'à la température ordinaire le soufre n'empêche pas l'oxydation des huiles siccatives et paraît par suite inactif. A mesure que la température s'élève, il acquiert vers 100° des propriétés antioxygènes et arrête la réaction, ce qui provoque la chute de température constatée.

Ces résultats viennent à l'appui de l'opinion émise par MM. Moureu et Dufraisse [1] sur l'inertie chimique présentée par le soufre à la température ordinaire et l'action antioxygène plus sensible qu'il doit exercer lorsque la température s'élève.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse complète du thymol à partir de l'alcool isopropylique.* Note de MM. **L. Bert** et **P.-Ch. Dorier**, présentée par M. Ch. Moureu.

On n'a réalisé jusqu'ici que des synthèses partielles du thymol, en partant : 1° de l'aldéhyde paracuminique (Widmann); 2° de l'acide métacrésotinique (Béhal et Tiffeneau); 3° de la dibromomenthone (Beckmann et Eickelberg); 4° du menthol (Brunel); 5° du paracymène (Max Philipps).

L'un de nous [2] ayant réussi à obtenir avec de bons rendements du paracymène et de l'aldéhyde paracuminique à partir de l'alcool isopropylique, la synthèse complète du thymol à partir de cet alcool se trouvait par cela même effectuée, grâce aux résultats acquis par Widmann et Philipps. Nous avons atteint le même but par la méthode nouvelle que nous allons exposer :

L'alcool isopropylique est transformé en bromure d'isopropyle et celui-ci en cumène par condensation avec le benzène en présence de chlorure d'aluminium. Le cumène, traité par le formol et le gaz chlorhydrique, en présence de chlorure de zinc donne du chlorure de cumyle [3], dont le dérivé magnésien fournit, par action de l'eau, du paracymène, que l'acide nitrique convertit en nitro-2-*p*-cymène. La réduction par le fer et l'acide chlorhydrique de ce dérivé nitré donne l'amino-2-*p*-cymène, que l'action successive de l'anhydride acétique et du brome transforme en acétylamino-2-bromo-5-*p*-cymène [4]. La saponification de ce dérivé fournit l'amino-2-bromo-5-*p*-cymène dont le chlorhydrate, diazoté par la méthode

---

[1] *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, t. 35, p. 1074.

[2] L. Bert, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 1252 et 1397.

[3] G. Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 313.

Le même traitement, appliqué à un alcoylbenzène quelconque, y introduit le groupement CH^2Cl en para par rapport à l'alcoyle; en faisant le magnésien du dérivé chlorométhylénique obtenu, on prépare aisément par action de l'eau le paraméthylalcoylbenzène correspondant.

[4] Wheeler et Smithey, *Am. chem. Soc.*, 43, 1921, p. 2611, et 47, 1925, p. 178.

de Hantzsch [1], donne le chlorure de bromo-5-*p*-cymène diazonium, qui, chauffé avec l'alcool absolu, engendre le bromo-5-*p*-cymène dont le dérivé magnésien, traité par l'oxygène, conduit, après action de l'eau, au thymol attendu.

Le tableau suivant, dans lequel les chiffres placés au-dessous des flèches indiquent les rendements pour 100 des opérations sucessives, schématise la série des réactions précédentes :

$$\frac{CH^3}{CH^3}\!\!>CHOH \xrightarrow[89]{HBr} \frac{CH^3}{CH^3}\!\!>CHBr \xrightarrow[75]{C^6H^6 + AlCl^3} C^6H^5—CH(CH^3)^2$$

$$\xrightarrow[75]{CH^2O + HCl + ZnCl^2} CH^2Cl—C^6H^4—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[75]{Mg + (C^2H^5)^2O} CH^2MgCl—C^6H^4—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[75]{H^2O} CH^3—C^6H^4—CH(CH^3)^2$$

$$\xrightarrow[50]{NO^3H} CH^3—C^6H^3(NO^2)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[90]{Fe + HCl} CH^3—C^6H^3(NH^2)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[95]{(CH^3CO)^2O} CH^3—C^6H^3(NH.COCH^3)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[95]{Br} CH^3—C^6H^2(NH.COCH^3)(Br)—CH(CH^3)^2$$

$$\xrightarrow[85]{HCl} CH^3—C^6H^2(NH^2.HCl)(Br)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[87]{C^5H^{11}NO^2} CH^3—C^6H^2(N{=}N—Cl)(Br)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[90]{C^2H^6O} CH^3—C^6H^3(Br)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[70]{Mg + (C^2H^5)^2O} CH^3—C^6H^3(MgBr)—CH(CH^3)^2$$

$$\xrightarrow[20]{O} CH^3—C^6H^3(MgOBr)—CH(CH^3)^2 \xrightarrow[20]{H^2O} CH^3—C^6H^3(OH)—CH(CH^3)^2$$

Le phénol synthétique obtenu possède toutes les propriétés du thymol naturel.

---

[1] HANTZSCH et JOCHEM, *D. ch. G.*, 34, 1901, p. 3337.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons hétérocycliques renfermant de l'iode ou du brome pentavalent.* Note [1] de M. G. **Hugel**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'orthophénylènediamine est très facilement oxydable. Ainsi les oxydants peu énergiques comme le chlorure ferrique l'oxydent déjà à froid en 2.3-diaminophénazine. Celle-ci résulte de la soudure de deux noyaux d'orthophénylènediamine. Il nous a été possible d'isoler des produits intermédiaires avec l'acide iodique comme oxydant.

En mélangeant des solutions aqueuses froides d'orthophénylènediamine ($\frac{1}{100}$ de molécule) et d'acide iodique ($\frac{1}{100}$ de molécule), il se forme instantanément en une réaction exothermique un précipité noir amorphe, très peu soluble (avec une coloration jaune brun) dans presque tous les solvants. Il répond à la composition de 1^{mol} d'orthophénylènediamine plus 1^{mol} d'acide iodique moins 2^{mol} d'eau.

La formation de cette combinaison s'explique vraisemblablement par la grande tendance de l'orthophénylènediamine à former des cycles. Elle serait tout à fait analogue à l'action des orthodicétones sur l'orthophénylènediamine qui mène aux quinoxalines, de l'acide sulfureux et sélénieux, qui forment des piazthiols et piasélénols. On peut alors admettre dans cette nouvelle substance un cycle penta-atomique, où il entre 2^{at} de carbone, 2^{at} d'azote et 1^{at} d'iode [2]. Cet exemple constituerait le premier cas d'un atome d'iode polyvalent entrant comme constituant dans un cycle.

Nous appellerons cette substance, par analogie avec le piazthiol, *hydroxyde de piaziodonium.*

C'est une base très faible, et ne forme effectivement pas de sel avec les acides forts et dilués, à l'exception de l'acide iodhydrique. Déjà en suspension (aqueuse) très diluée, il y a, en présence de cet acide (H^2SO^4 dil. + KI), instantanément transformation en un autre composé, noir amorphe, qui devient cristallin à 30°. Cette suspension, chauffée vers 50-55°, change d'aspect une deuxième fois, devient plus verdâtre et aussi moins soluble

---

(1) Séance du 2 décembre 1925.

(2) D'après la formule

$$C_6H_4\begin{matrix}-N\diagdown\\ \\-N\diagup\end{matrix}\!\!\!I-OH.$$

dans le milieu, car la solution surnageante apparaît beaucoup moins colorée. Le composé amorphe répond à la composition d'un produit d'addition équimoléculaire avec l'acide iodhydrique. Le deuxième précipité cristallin contient une molécule d'eau en moins.

Les deux formules suivantes en tiennent compte :

— N, — N $\gg$ I — I, H^2O et — N, — N $\gg$ I — I

Si, par contre, on élève la température jusqu'à l'ébullition, il y a départ d'iode et l'on obtient, par refroidissement, des composés bien cristallisés vert métallique qui sont déjà des produits de transformation, qui dérivent de la 2.3-diaminophénazine et de la 2.3-oxyaminophénazine.

Cette nouvelle réaction de l'acide iodique n'est pas limitée à la seule orthophénylènediamine. D'une part, elle s'étend à d'autres orthodiamines aromatiques comme, par exemple, la 2.3-diaminophénazine elle-même, ce qui conduit au composé

— N =, — N =, — N, — N $\gg$ I — OH

et puis à l'orthoaminodiphénylamine. Le dernier cas est particulièrement intéressant parce qu'il existe dans cette molécule deux fonctions basiques par rapport à l'acide iodhydrique :

N
HO — N = I — OH
C^6H^5

d'abord la fonction ammonium qui forme très facilement un iodhydrate (cristaux vert métallique) :

N
I — N = I — OH
C^6H^5

Il y a ensuite la fonction iodonium qui n'entre plus que très difficilement en réaction. Il faut travailler en milieu d'acide sulfurique presque concentré en présence de beaucoup de KI (l'acide sulfurique concentré doit être dilué avec une quantité d'eau telle que l'oxydation de HI est tout juste évitée) (cristaux bleu noir métallique) :

$$\mathrm{I - N = I - I} \quad (\text{N lié au noyau, N} = \text{I}, \ \text{N} - C^6H^5)$$

L'acide bromique permet une nouvelle application de cette réaction, mais pas l'acide chlorique. Nous avons isolé et caractérisé le composé entre l'orthoaminodiphénylamine et l'acide bromique (cristaux vert métallique) :

$$\mathrm{HO - N = BrOH} \quad (\text{N lié au noyau, N} = \text{Br}, \ \text{N} - C^6H^5)$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition des aldéhydes trisubstituées en cétones disubstituées*. Note (¹) de MM. **Orékhoff** et **Tiffeneau**, présentée par M. A. Béhal.

A côté de la *transposition rétropinacolique*, dans laquelle les alcools secondaires dissymétriquement substitués sont transformés en carbures éthyléniques symétriques :

$$\mathrm{RRR.C.CHOH{\cdot}R'} \xrightarrow{-H^2O} \mathrm{RRC = CRR'},$$

on peut ranger une *transposition nouvelle* qui consiste dans la transformation

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

des aldéhydes trisubstituées en cétones d'un type moins dissymétrique :

$$(RRR)C - CHO \rightarrow (RR)CH - CO - R.$$

Cette transposition, qui se produit vraisemblablement dans la plupart des réactions de déshydratation des glycols trisubstitués étudiées en série cyclique par divers auteurs et par nous-mêmes, a été signalée pour la première fois par Daniloff [1] dans le cas de la triphénylacétaldéhyde

$$(C^6H^5)^3C - CHO \rightarrow (C^6H^5)^2CH - CO - C^6H^5.$$

Toutefois, dans cette réaction, les trois radicaux étant identiques, la migration est nécessairement phénylique; aussi ne pouvons-nous en tirer aucun renseignement sur les rapports entre les aptitudes migratrices et les capacités affinitaires de ces radicaux.

C'est dans ce but que nous avons étudié quelques aryldialcoyl- et alcoyldiarylacétaldéhydes ; ces aldéhydes nous intéressaient tout spécialement à cause de leur formation intermédiaire probable dans la déshydratation, par SO^4H^2 concentré, des arylglycols trisubstitués, déshydratation que nous avions jusqu'ici considérée comme s'effectuant suivant le type semi-pinacolique, alors que, initialement du moins, elle s'effectue, croyons-nous, suivant le type semihydrobenzoïnique.

Ces aldéhydes, soumises à la température ordinaire à l'action de SO^4H^2 concentré dans lequel elles se dissolvent, fournissent, après décomposition par l'eau glacée, les cétones isomères provenant de la migration de l'un des radicaux substituants. Comme on le verra ci-après, ces migrations sont variables suivant la nature de l'aldéhyde considérée.

La *diphénylméthylacétaldéhyde* ne donne qu'un seul produit de transposition : la méthyldésoxybenzoïne, résultant de la migration exclusive du phényle

$$CH^3(C^6H^5)^2.C.CHO \rightarrow CH^3(C^6H^5).CH.CO.C^6H^5.$$

La *diphényléthylacétaldéhyde* fournit deux produits de transposition : l'éthyldésoxybenzoïne (environ $\frac{2}{3}$) et la diphénylbutanone ($\frac{1}{3}$); il y a donc eu migration de l'éthyle et du phényle, mais avec prédominance migratrice du phényle :

$$(C^6H^5)^2.CH.CO.C^2H^5 \leftarrow C^2H^5(C^6H^5)^2.C.CHO \rightarrow C^2H^5(C^6H^5).CH.CO.C^6H^5.$$

La *diméthylphénylacétaldéhyde* ne fournit qu'un seul produit de transposition, la phényl-2-butanone-3, c'est-à-dire avec migration exclusive du méthyle :

$$C^6H^5(CH^3)^2.C.CHO \rightarrow C^6H^5(CH^3)CH.CO.CH^3.$$

---

(1) DANILOFF, *J. Soc. Ch. russe*, 49, 1917, p. 282; 51, 1919, p. 97.

Avec la *diéthylphénylacétaldéhyde* on n'obtient de même qu'un seul produit de transposition, la phényl-3-hexanone-4, ce qui indique une migration exclusive de l'éthyle.

Ces résultats montrent que les aptitudes migratrices des quelques radicaux envisagés varient avec la nature et le nombre des substituants; toutefois les cas étudiés ne sont pas encore assez nombreux pour tirer des conclusions concernant les rapports de ces aptitudes avec les capacités affinitaires.

D'autre part, on constate que les produits de transposition de ces aldéhydes trisubstituées sont exactement les mêmes que ceux fournis par la déshydratation sulfurique (SO^4H^2 concentré) des glycols dont ces aldéhydes dérivent.

Il en résulte que les transpositions avec formation de cétones, observées dans l'action de SO^4H^2 concentré sur les aryldialcoylglycols et sur les alcoylhydrobenzoïnes [1] n'appartiendraient pas au type semipinacolique; elles résulteraient d'un double processus migrateur : 1° *migration phénylique* avec transformation de ces glycols en aldéhydes trisubstituées (par élimination exclusive de l'oxhydryle tertiaire); 2° *migration variable phénylique ou alcoylique*, dans la transformation de ces aldéhydes en cétones.

En ce qui concerne le mécanisme de cette transposition nous ne pouvons faire que des hypothèses.

Toutefois nous ne croyons pas qu'il s'agisse d'un simple échange entre l'hydrogène aldéhydique et le radical migrateur, car, dans le cas de la triphénylacétaldéhyde, étudié par un de nos collaborateurs, M. Lagrave, la chaleur, loin de favoriser cet échange, scinde l'aldéhyde en CO et triphénylméthane. Il y aurait plutôt addition de SO^4H^2 avec formation d'un sulfate halochrome $R^3C.CHOH.SO^4H$ dans lequel la perte d'eau déclancherait le processus migrateur

$$RRR.C.CHOH.SO^4H \xrightarrow{-H^2O} RRR.C.C.SO^4H \rightarrow RR.C.C(SO^4H)R.$$

L'hydrolyse, par l'eau glacée, du sulfate vinylique ainsi formé fournirait la cétone RR.CH.CO.R.

---

(1) Tiffeneau, Orékhoff et Mlle Lévy, *Bull. Soc. chim.*, 29, 1921, p. 422, 809; 31, 1922, p. 253; 33, 1923, p. 195, 735.

GÉOLOGIE — *Sur la présence de Clyménies et l'extension du Dévonien supérieur dans le sud-est du Massif Armoricain.* Note (¹) de M. **Joseph Péneau.**

Les recherches géologiques que je poursuis dans le sud-est du Massif Armoricain m'ont permis d'y découvrir plusieurs gisements de Dévonien supérieur jusqu'ici méconnus.

J'ai aussi été assez heureux pour vérifier l'existence de cet étage autour de Saint-Julien-de-Vouvantes, où M. Ch. Barrois l'avait signalé, avec quelques réserves, en 1889; l'âge peut maintenant être précisé par des fossiles caractéristiques. A Saint-Julien-de-Vouvantes, les couches terminales du Dévonien se présentent comme suit, de haut en bas :

(3) { Arkose grossière, jaunâtre, de composition hétérogène (feldspath altéré, schistes, grès).
Schistes argileux, tourmentés, intercalés de bancs gréseux.
(Épaisseur des deux formations, ensemble, 15^{m} environ).

(2) Schistes gris ou jaunes, argileux, micacés, avec petits lits d'un grès argileux très fin ; lits gréseux qui peuvent être remplacés par des nodules argileux-siliceux (épaisseur, 15^{m} environ).

(1) Calcaire compact gris ou bleuâtre (environ 8^{m}).

L'ensemble dessine un petit pli synclinal, orienté NE-SO; faillé au centre et à flanc sud-est incomplet.

Le calcaire (1) contient en abondance plusieurs formes de *Tentaculites* (*T. typus* Richter, *T. tenuicinctus* Rœmer, *T. sulcatus* Rœmer, etc.), formes décrites du Dévonien supérieur et permettant de considérer ces calcaires comme équivalents des calcaires à Tentaculites de Pologne (*Frasnien* supérieur).

Les schistes (2) contiennent, soit dans des petits bancs gréso-argileux, soit dans des nodules, une faune caractéristique : *Phacops griffithides* Rud. et E. Richter; *Drevermannia Schmidti* Rud. et E. Richter; *Typhlaprœtus subcarinthiacus* Rud. et E. Richter; *Lævigites lævigatus* Münster; *Aganides subsulcatus* Münster; *Sporadoceras; Posidonomya venusta* Münster, etc.

Lævigites lævigatus est la première Clyménie découverte dans le Massif Armoricain; elle ne laisse plus de doute sur l'âge de ces *Schistes à nodules* de Saint-Julien-de-Vouvantes, qui est Famennien supérieur; c'est la zone V

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

de l'échelle établie en Thuringe et Franconie par Schindewolf et Wedekind. Tous les Trilobites qui accompagnent *Cl. lævigata* dans l'ouest de la France se trouvent de même avec elle en Europe centrale.

Clyménies, Goniatites et Trilobites sont cantonnés dans certains lits, mais dans l'ensemble des schistes (2), on trouve de nombreux Ostracodes, la plupart du genre *Richterina* Gurich, de plusieurs espèces, voisines sinon identiques à *R. minutissima* Rzehak, *B. moravica* Rzehak, *R. striatula* Rem. Richter, décrites des Calcaires à Clyménies de Brunn ou de Saafeld.

Entre le gisement ci-dessus de Saint-Julien-de-Vouvantes et la ville d'Angers, sur une distance NE-SW de cinquante kilomètres s'échelonnent plusieurs lentilles calcaires d'âges variés, quelques-unes sont dévoniennes supérieures comme Saint-Julien-de-Vouvantes. Je citerai ici les deux suivantes :

1° Au sud-ouest de Vern-d'Anjou (Maine-et-Loire), une lentille orientée NE-SW fournit en abondance tous les *Tentaculites* cités plus haut, et ce calcaire est, là aussi, subordonné à des schistes à *Richterina* du niveau des Clyménies; ces calcaires et schistes du Dévonien supérieur de Vern n'étaient pas distingués du Dévonien inférieur avec lequel ils voisinent.

Les mêmes *Tentaculites* se retrouvent plus à l'Est encore, à quelques kilomètres d'Angers près La Meignanne où jusqu'à présent on n'a cru voir que du Gothlandien.

Les gisements de La Meignanne recèlent bien des Calcaires et Ampélites gothlandiens avec faune typique à *Cardiola interrupta*, mais les niveaux à *Tentaculites* s'en distinguent par leur nature et par leur faune.

Ce gisement de La Meignanne montre le Calcaire à *Tentaculites* orienté comme les gisements de Vern et de Saint-Julien, NE-SO; en outre il est ici précédé et surmonté de Schistes dans lesquels alternent des bancs calcaires; celui-ci se forma graduellement, avec récurrences du facies schisteux, et cessa de même; les *Tentaculites* existent dans la lentille centrale et dans les bandes intercalées dans les Schistes.

Nous développerons dans un Mémoire plus étendu la faune du Dévonien supérieur de cette région; la présente Note fait seulement connaître les deux faits nouveaux suivants :

1° Présence de Clyménies du groupe de *Cl. lævigata* dans le Massif Armoricain;

2° Grande extension du Frasnien et du Famennien marins dans l'extrémité orientale du pli d'Angers-Saint-Julien-de-Vouvantes.

D'où il ressort que la grande transgression qui se produisit en Europe à

l'époque des couches à *Clymenia annulata* et à *Cl. lævigata* a atteint le Sud-Est du Massif Armoricain; on savait déjà que la faune à Clyménies existe dans le sud du Morvan (Michel Lévy).

HYDROGÉOLOGIE — *Sur l'abîme Bertarelli (Istrie) profond de* 430^{m}. Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. Pierre Termier.

De 1922 à 1925 les spéléologues italiens de Trieste ont exploré le plus profond abîme naturel (430^{m}) visité à ce jour.

A 33^{km} sud-est de Trieste et 9^{km} nord-est de Pinguente, près de Raspo-en-Cicceria (Istrie), on appelait Grotta Della Marna son orifice (alt. 695^{m}), ouvert dans les marnes de l'Éocène moyen. Sur 50^{m} d'épaisseur ces marnes ont été perforées, en caverne déclive, dans une *doline* d'absorption, creusée par trois cours d'eau, jadis plus importants que maintenant. Au delà, six puits verticaux étroits sont superposés dans le calcaire nummulitique; le second mesure 130^{m} à pic. Ils ont mené, à 345^{m} sous terre (1er-2 nov. 1924) dans une galerie en pente, resserrée, très sinueuse, haute de 6 à 10^{m}, où coule un ruisseau souterrain. D'autres cheminées affluentes débouchent dans ses voûtes.

Au bout de 360^{m} la galerie était obstruée par un éboulis à 381^{m} de profondeur et 314^{m} d'altitude. L'entreprise dura 33 heures et le gouffre fut rebaptisé abîme Bertarelli. Le 24 août 1925, une nouvelle expédition eut la surprise de trouver l'éboulis disparu, emporté par quelque crue souterraine. On put descendre 200^{m} plus loin et 49^{m} plus bas, à 430^{m} de profondeur (alt. 265^{m}). Un petit bassin d'eau siphonnant (voûte mouillante) arrêta la recherche. Pendant l'exploration, un orage formidable s'abattit sur la région et précipita, durant 3 heures, dans le gouffre des torrents d'eau *tournoyante* qui bloquèrent l'orifice du grand puits : deux aides (de Raspo) furent emportés et tués (corps retrouvés à 250^{m} sous terre). Les opérateurs de la grotte supérieure, arrachés de leur poste par la cataracte, se raccrochèrent aux rocs et aux cordages (à 60^{m} de profondeur). Les huit autres, occupés au fond, faillirent être noyés ou assommés sous l'engouffrement. On ne put les extraire vivants qu'au bout de deux jours, après la décrue.

J'ajouterai que la perforation des marnes superficielles rappelle celles que j'ai souvent trouvées aux avens des Causses, à la grotte de Pène-Blanque (Haute-Garonne), dans la montagne de Reims, en Belgique, etc.

L'abîme n'aboutit pas à l'hypothétique « niveau hydrostatique » ou *Grund*

Wasser du Carso, mais à de véritables drains souterrains. La résurgence des eaux doit se trouver dans la vallée de la Fiumera, en amont de Pinguente, entre 50 et 200^{m} d'altitude, à 10^{km} au Sud-Ouest. Le plan des galeries démontre que celles-ci sont pratiquées aux dépens des cassures préexistantes du calcaire, comme dans toutes les rivières souterraines. Dès 1924, on constata que ces galeries sont creusées dans le calcaire bitumineux fétide, très dur, de l'étage liburnien. Au point de vue tectonique, on savait déjà que toute l'Istrie est fortement plissée : le calcaire à nummulites s'abaisse jusque vers 150^{m} à Pinguente; le Turonien des *Monti della Verna* se redresse à 1037^{m}, à 2^{km} au nord-est du gouffre et, entre ces deux derniers points, le calcaire liburnien affleure sur 400^{m} de largeur. Comme la coupe de l'abîme révèle 50^{m} de marnes éocènes, 295^{m} de calcaire nummulitique et 85^{m} de calcaire liburnien, la forme synclinale se trouve nettement confirmée sous terre. D'autre part, à 19^{km} au sud de Pinguente, et à 25 au sud-ouest de Raspo, la fameuse Foiba de Pisino, après avoir coulé sur les marnes de l'Éocène moyen, se perd (à 190^{m}) dans un autre synclinal crétacé (qui se redresse aussitôt à 450^{m}) au fond d'un gouffre à lac souterrain siphonnant que j'ai exploré et décrit en 1893 et 1896 [1]. Il est donc vraisemblable qu'au delà du siphon d'arrêt actuel de l'abîme Bertarelli un anticlinal crétacé se retrouvera de même du côté de sa résurgence. La tragique exploration des 24-26 août a confirmé, par la preuve matérielle, les notions suivantes que j'ai exposées depuis 1888 : les abîmes du Carso (tout comme les Pot Holes d'Angleterre et les Katavothres du Péloponèse) fonctionnent encore quant à l'absorption des pluies, et ne sont pas *morts;* il n'y a donc pas lieu de classer ces gouffres en type méditerranéen (inactifs), et type septentrional (actifs). Leur formation est bien due à la fissuration préexistante et à l'érosion tourbillonnaire de haut en bas, qui a été *vue* à l'œuvre ces jours-là. Au contact des assises imperméables, la descente verticale (par puits) de percolations est remplacée par des chutes en échelons (réseaux de galeries). Ces réseaux existent au-dessus des vallées voisines de drainage et remplacent l'imaginaire nappe de fond. Les bouchons de débris, éboulis, etc. ne forment pas les vrais fonds des avens, et les désobstructions seraient parfois possibles. Les siphonnements constituent les réels obstacles et, en général, les sommets des réservoirs qui s'étendent à l'aval jusqu'aux résurgences (Pisino, Padirac, rivières souterraines et abîmes de tous pays calcaires).

---

[1] *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 1333.

Enfin, il y a lieu de rappeler qu'en France existe un gouffre probablement plus profond (peut-être 500^{m}), le Chourun-Martin du Dévoluy, où en 1899 je n'ai pu descendre qu'à 70^{m} (1). Si l'on avait réussi à l'explorer, on y aurait trouvé sans doute le réseau des drains souterrains des grosses fontaines des Gillardes que l'on cherche à atteindre actuellement par des tunnels coûteux, en vue d'une utilisation industrielle de force motrice hydraulique.

LITHOLOGIE. — *Les enclaves et les cendres de Fouqué Kameni.* Note (2) de M. **Const.-A. Kténas.**

Tandis que l'éruption actuelle de Santorin se rapproche beaucoup de celle de 1866 par la constitution de ses laves (3) et de leurs enclaves, elle en diffère par la nature des cendres rejetées.

Les enclaves sont enveloppées aussi bien dans la lave épanchée que dans les bombes et les blocs. J'en ai recueilli sur le champ de laves nouvelles, d'autres projetées en blocs indépendants lors des explosions paroxysmales; leur diamètre peut dépasser 20^{cm}.

Les échantillons examinés appartiennent au groupe des enclaves *homœogènes plésiomorphes antilogues.* Une seule fois j'ai rencontré une enclave *homœogène allomorphe* (4).

Les premières sont grises, d'un gris brunâtre ou noires, à structure grenue ou porphyritique. Elles présentent une texture miarolitique, parfois avec de cavités bulleuses affectant $3\text{-}4^{mm}$. L'enclave allomorphe, à grain moyen, est plus leucocrate; sa constitution rappelle celle d'un gabbro à olivine. La roche englobante appartient, le plus souvent au type ordinaire de dacitoïde à pâte obsidiennique ou mi-ponceuse. Le caractère commun de toutes les enclaves, c'est que l'augite existe presque seule en fait de métasilicate et que le plagioclase est très basique.

Suivant les échantillons, l'*augite* forme de grands cristaux allongés, ou bien se présente dans deux générations. Elle englobe parfois ophitiquement les cristaux de plagioclase. L'*hypersthène* n'apparaît que parmi les microlites. La *magnétite titani-*

---

(1) *Comptes rendus*, 129, 1899, p. 1041.

(2) Séance du 28 décembre 1925.

(3) A. Lacroix et Const.-A.-Kténas, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 893.

(4) J'emploie la nomenclature classique de M. A. Lacroix : *La Montagne Pelée*, Paris, 1904, p. 536.

fère est très abondante. L'*olivine* qui ne se trouve que très rarement dans les laves, est fréquente dans les enclaves. Parmi les plagioclases la *bytownite* domine (extinctions maxima dans la zone de symétrie = 36-40°; densité du plagioclase de l'enclave allomorphe = 2,736-2,748), mais avec des alternances de zones de *labrador*. Dans les enclaves plésiomorphes, les cristaux feldspathiques et pyroxéniques sont, très souvent, enchevêtrés au sein d'un *verre*, dont la proportion varie d'un échantillon à l'autre.

La constitution minéralogique des enclaves plésiomorphes n'a pas présenté de variations au cours du premier trimestre de l'activité volcanique.

Les cendres rejetées depuis le début de l'éruption possèdent, également, une constitution qualitative constante; elles ne diffèrent les unes des autres que par la proportion relative de leurs éléments constituants.

A la constitution des cendres prennent part : 1° Des fragments anguleux de lave, le plus souvent à pâte mi-ponceuse. Ces fragments proviennent du concassage du matériel du dôme, ainsi que le prouve l'examen de grands blocs projetés à l'état solide. 2° Des phénocristaux ou leurs débris. 3° Des morceaux d'une ponce de couleur gris ou gris clair. 4° Une poussière fine blanchâtre, composée de microlites et de parties de matière ponceuse. Cette poudre est souvent attachée aux fragments du n° 1°.

Les cendres contiennent des sels solubles. J'ai constaté dans les solutions la présence de Ca, Mg, Na, Cl et SO^3 qui prouvent qu'il y a sur le dôme des fumerolles à haute température déposant des sels.

En résumé, outre les fragments projetés incontestablement à l'état solide, les cendres de l'éruption actuelle contiennent des éléments qui peuvent porter à penser à une pulvérisation des portions du magma encore pâteux.

Les cendres de l'éruption de 1866 étaient dépourvues de matière ponceuse [1]. Aussi cette éruption n'a-t-elle pas donné naissance à un dôme, à pentes dépassant 30°, du genre de celui de Fouqué Kameni [2]. Cela tient à ce que pendant la première phase de l'activité actuelle (11-24 août), phase caractérisée par l'abondance du magma épanché, le dégagement des produits volatils était très intense. Les vapeurs, en augmentant la viscosité du magma, ont favorisé le gonflement dômique.

---

(1) F. Fouqué, *Santorin et ses éruptions*, Paris, 1879, p. 233.

(2) Lorsque, le 28 octobre, je suis retourné aux Kaménis, le dôme Fouqué continuait à avoir une hauteur d'environ 75m. Vu du Nord-Est, il se rapprochait, quant à sa forme, au dôme de Tarrumaï de l'île de Hokkaïdo (*Petermanns Mitteilungen*, 58, 1912, I, Pl. 54, fig. 4). Les produits solides de projection s'accumulaient toujours du côté occidental et méridional du dôme. Les explosions provenant de la base du dôme y ont lieu à travers le manteau de cendres; elles ont formé, au milieu des produits rejetés, une dépression cratériforme en fer à cheval.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *La prévision du temps et la variation diurne des atmosphériques.* Note (¹) de M. R. **Bureau**, présentée par M. G. Ferrié.

On distingue 3 allures principales de la variation diurne des parasites atmosphériques :

1° Variation régulière caractérisée par un maximum très étalé la nuit, par un minimum également étalé le jour, avec chute brusque aux environs du lever du Soleil et croissance (moins brusque en général) au moment du coucher du Soleil.

2° Variation régulière caractérisée par l'absence totale d'atmosphériques le matin, leur apparition brusque vers 11^h ou 12^h, un maximum vers 15^h, leur maintien jusqu'à 21^h, moment où ils commencent à disparaître. Entre 12^h et 21^h ils sont souvent alors d'une grande violence.

3° Absence de variation régulière. On les voit apparaître ou disparaître à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit.

Ces 3 types de variation diurne correspondent à 3 caractères différents de la situation météorologique. Le premier s'observe surtout dans les situations anticycloniques. Il est d'autant plus caractérisé et d'autant plus pur, que le poste T.S.F. se trouve davantage soustrait à l'influence des perturbations météorologiques. C'est la variation diurne caractéristique des *centres d'actions positifs*.

Le deuxième type correspond aux *pseudo-fronts polaires;* il caractérise les atmosphériques que j'ai dénommés stagnants. Il semble bien qu'il y ait lieu de ranger dans cette catégorie les « grinders » observés soit par C. de Groot, soit par Round, Eckersley et Tremellen, tandis que la périodicité diurne constatée par Eccles se rapporte à la première allure (²).

Enfin l'absence de toute variation régulière caractérise l'influence des *perturbations du front polaire*. Les atmosphériques se rattachent alors au passage de fronts froids et à la présence d'air polaire instable. Leur disparition ou leur absence tiennent à l'influence d'un front ou d'un sectenr chaud.

(¹) Séance du 21 décembre 1925.

(²) De Groot, *Electricien*, 79, 1917, p. 846. — Round, Eckersley, Tremellen, Lunnon, *Journ. of the Institution of electrical Engineers*, 63, 1925, p. 933. La variation diurne moyenne signalée par de Groot révèle d'ailleurs également la présence du premier type de variation. — Eccles, *Proc. Royal Society*, 87, 1912, p. 79.

Ces trois allures de la variation diurne peuvent d'ailleurs se combiner; d'où il résulte des variations en apparence très complexes.

Elles sont d'autre part diversement sensibles aux *influences saisonnières* et probablement aussi à l'influence de la *latitude* et de la *situation géographique*. C'est ainsi que le premier type paraît surtout s'observer dans les mois d'hiver. Par contre, le deuxième type n'est observé sous les latitudes moyennes (France) que dans les mois d'avril à septembre. Il semble de plus prédominer dans les régions tropicales et ne se manifester que sur les continents ou à proximité de ceux-ci.

Ces distinctions peuvent faciliter la *classification* des atmosphériques. Elles sont également très importantes au point de vue de la *prévision du temps*. En surveillant de près la variation diurne des atmosphériques, on peut recueillir des indications sur la vigueur d'un centre d'action anticyclonique (variation du 1er type) ou sur l'approche d'un courant de perturbations. Le R. P. Gherzi [1] a donné des règles précieuses pour la surveillance de l'approche des typhons grâce à la disposition des atmosphériques. Ces règles pourraient être vraisemblablemeut complétées en faisant intervenir une surveillance de la variation diurne des atmosphériques [2].

En France, le développement ou la régression pendant l'été des perturbations orageuses du Sud-Ouest peuvent être reconnus grâce à l'existence ou à l'absence d'atmosphériques stagnants [3] (variation du deuxième type associé au pseudo front polaire).

BOTANIQUE. — *Le développement de l'anthère et du pollen chez* Knautia arvensis *Coult*. Note de M. **P. Lavialle**, présentée par M. Guignard.

On connaît fort peu de choses sur l'anthère et le pollen des Dipsacées. F. Höch [4] signale, chez *Scabiosa suaveolens* Dsf., *S. lucida* Vill. et *Knautia arvensis* Coult., une protandrie accentuée qui entraîne la diclinie. Il donne, pour *K. arvensis*, trois figures de fleurs, où il montre des anthères livrant leur pollen nettement au-dessus d'un style encore très court.

---

(1) E. Gherzi, *Marine Observer*, 2, 2 août 1925, p. 192.

(2) La surveillance des typhons à l'aide de la variation diurne des atmosphériques est donc entièrement comparable à celle qui est basée sur l'examen de la marée barométrique.

(3) R. Bureau, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 529.

(4) F. Höck, *Dipsacaceæ*, in Engler et Prantl, *Natürliche Pflanzen-Familien*, IV Teil., IV et V Abteil., p. 182.

Je suis en désaccord complet avec Höck au sujet des positions respectives de l'anthère et du stigmate, au sujet de l'ouverture de l'anthère et, aussi, en ce qui concerne la tendance vers la diclinie.

On a décrit d'autre part [1] et [2] le nombre et la position relative des cellules mères définitives du pollen chez les Dipsacées. Elles seraient disposées en une file unique, dans l'axe du sac pollinique. Je montrerai qu'un massif pollinique se constitue, comme chez la plupart des Angiospermes, et que la présence d'une seule cellule mère, dans les coupes transversales, résulte de la résorption de cellules du massif.

Voici les faits qui précèdent et accompagnent la formation du pollen : les anthères sont situées au-dessous des deux lobes stigmatiques et au voisinage immédiat du style, depuis leur différenciation jusqu'à la maturité du pollen. Elles ne s'ouvrent pas : leurs parois sont presque entièrement résorbées au cours du développement; il n'y a pas trace d'assise mécanique; la germination du pollen se fait dans l'anthère même, par un processus très particulier que je décrirai prochainement. Il y a autofécondation régulière et jamais diclinie. Il y a protandrie. Les tubes polliniques, nombreux, sont déjà arrivés dans la cavité ovarienne avant l'épanouissement de la corolle (cléistogamie). Les filets staminaux s'allongent, après l'épanouissement de la corolle, mais leur extrémité est, alors, dépourvue d'anthère, ou n'en porte que de faibles vestiges sans pollen.

Développement de l'anthère. — L'anthère se différencie du filet bien avant la fermeture de la cavité ovarienne. Son parenchyme, d'abord homogène, est le siège de divisions cellulaires qui rappellent exactement, dans les premiers stades, les types classiques.

La coupe transversale de l'anthère a la forme d'un trapèze, à large base externe. Aux quatre angles de ce trapèze, chaque cellule sous-épidermique se divise tangentiellement pour donner deux cellules qui sont : l'interne, une cellule mère primordiale de pollen; l'externe, un élément de l'assise pariétale primordiale.

Pollen. — Les cellules mères primordiales de pollen se dilatent fortement, parfois se divisent par une cloison ordinairement oblique sur l'axe du sac pollinique, quelquefois perpendiculaire ou parallèle à ce même axe. Toutefois, ces divisions sont relativement peu nombreuses, de sorte qu'un certain nombre de cellules mères primordiales deviennent directement cellules mères définitives de pollen.

---

(1) A. Chatin, *De l'anthère*, Paris, 1870.

(2) Bonnier et Leclerc du Sablon, *Cours de Botanique*, Paris, p. 515.

A ce stade, on rencontre, en coupe transversale, de cinq à dix cellules mères définitives, suivant les niveaux étudiés; le sac pollinique, continu, se rétrécit, en effet, à la base et au sommet de l'anthère.

Un peu plus tard, on observe une particularité assez rare, qui rappelle, dans une certaine mesure, l'observation de Guérin [1] sur l'anthère des Gentianes. Les cellules mères définitives, dont le nombre peut être fixé, pour un sac pollinique entier, de 50 à 80, sont résorbées progressivement, sauf 10 à 20 qui forment une file régulière dans l'axe du sac pollinique. Exceptionnellement, cette file peut présenter, en coupe transversale et en des points très localisés, une ou plusieurs hernies dues à la persistance de deux cellules mères au même niveau.

La file unique de cellules mères définitives est, ainsi, libre dans une cavité assez large. Les éléments qui la composent grossissent fortement, en se nourrissant des produits de résorption des cellules du massif, qui, toutefois, ne sont jamais entièrement consommés, et qui forment une couche membraniforme, brillante et épaisse, entre la file et la paroi externe.

Enfin, on assiste aux divisions hétérotypiques. Chaque cellule mère définitive de la file, dont l'origine est ainsi bien définie, produit quatre cellules polliniques dont le développement détaillé fera l'objet d'une prochaine Note. Il se produit ainsi, dans chaque sac, de 40 à 80 cellules polliniques.

Paroi de l'anthère. — Pendant l'évolution de l'assise sporogène et de ses produits, l'assise pariétale primordiale se divise tangentiellement. Un premier cloisonnement limite définitivement à l'intérieur, les cellules de l'assise nourricière unique (tapis) et, à l'extérieur, l'assise pariétale secondaire [2]. Cette dernière se divise tangentiellement à son tour, et donne deux nouvelles assises correspondant à l'assise mécanique et à l'assise transitoire. Cependant il n'y a jamais formation d'assise mécanique véritable; les éléments sous-épidermiques de l'anthère mûre étant détruits avant toute différenciation.

---

(1) P. Guérin, *Le développement de l'anthère et du pollen chez les Gentianes* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1620).

(2) M. Mascré, *Développement de l'anthère chez les Solanées* (*Thèse Doct. ès Sc. nat.*, Paris, 1921, p. 14).

BOTANIQUE. — *Sur la flore des Péridiniens de la Manche occidentale.* Note [1] de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. L. Joubin.

Au cours de plusieurs croisières à bord du *Pourquoi-Pas?* nous avons été frappé par la répartition très spéciale de certains organismes du phyto-plankton qui sont parfois très abondants à l'entrée de la Manche et ne se retrouvent plus qu'à l'état sporadique dans l'intérieur de cette mer. C'est ainsi qu'une petite algue verte, *Halosphæra viridis*, ne pénètre pas en Manche pendant le mois d'août, alors qu'elle est très abondante sur la ligne Ouessant-cap Land's-end; de même les *Ceratium* qui s'observent si nombreux et si variés dans l'Atlantique sur les bancs de Porcupine et de Rockall (*C. fusus*, *C. furca*, *C. tripos atlantica*, *C. longipes*, *C. macroceros*, *C. reticulatum*, *C. azoricum*, *C. lineatum*, etc.) et aussi à l'entrée de la Manche au sud et à proximité de Lizzard, disparaissent complètement dès que l'on a dépassé la ligne approximative Ouessant-Plymouth, entraînant avec eux la disparition presque complète d'un grand nombre d'autres Péridiniens (*Peridinium depressum*, *divergens*, *Gonyaulax polygramma*, *Dinophysis acuta*, *acuminata*, *rotundata*, etc.).

Cette absence de pénétration de la flore des Péridiniens océaniques en Manche nous explique pourquoi le plankton de Saint-Vaast-la-Hougue est si pauvre en espèces de ce groupe. D'après M. Mangin en effet, les *Ceratium* manquent à Saint-Vaast sauf le *C. fusus* qui se montre irrégulièrement et toujours à l'état de rareté [2].

Les observations des croisières à l'intérieur de la Manche en ce qui concerne le plankton ont été condensées dans les tableaux planktoniques publiés par Ostenfeld en 1912 et 1913. Ces tableaux établissent pour quatre périodes trimestrielles l'état de nos connaissances sur les espèces les plus importantes de Péridiniens. On remarque que les *Ceratium* et les *Dinophysis* sont arrêtés sur une ligne allant approximativement de Roscoff à Plymouth, mais que, durant l'hiver, certaines espèces pénètrent assez loin à l'intérieur de la Manche (*C. fusus* et *C. longipes*); en tous cas, l'influence de la mer du Nord est pratiquement nulle dans la Manche occidentale.

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) L. Mangin, *Sur la flore planktonique de la rade de Saint-Vaast-la-Hougue* (*Nouvelles Arch. du Muséum*, 5e série, 5, 1913, p. 147). — Fauré-Frémiet, *Étude descriptive des Péridiniens et des Infusoires ciliés de la baie de la Hougue* (*Ann. Sc. Nat. Zool.*, 7, 1908, p. 209).

L'analyse des planktons d'été recueillis par le *Pourquoi-Pas?* en plusieurs points de la Manche montre des résultats d'ensemble qui s'accordent avec ceux des précédentes croisières [1]. Cependant certains faits remarquables sont demeurés inaperçus. C'est ainsi qu'à l'entrée de la Manche existent deux régions où l'influence océanique se fait vivement sentir; d'une part au sud de Lizzard où la flore planktonique est très riche et très variée avec prédominance des grands *Ceratium* et d'autre part au nord d'Ouessant. Dans la région intermédiaire, c'est-à-dire dans l'axe de la Manche, il existe très peu de Péridiniens. Les *Ceratium* que l'on y observe se présentent toujours à l'état de carapaces vides ou même à l'état de débris difficiles à reconnaître parce qu'ils ont été usés et dissous en partie par l'action de l'eau.

Le même phénomène se retrouve dans les stations situées plus à l'intérieur de la Manche, d'une part au large de la baie de Plymouth, d'autre part au nord de la côte bretonne jusqu'au nord de Bréhat. Les pêches en ces points montrent que la disparition des *Ceratium* océaniques a lieu par suite de la mort des individus dont on retrouve les carapaces en mauvais état entraînées par les courants durant quelque temps.

Tous les autres planktons recueillis dans la Manche occidentale en 1923 sont dépourvus de *Ceratium* même à l'état de carapaces vides (sauf une seule observation d'un *Ceratium tripos atlantica* dans une pêche à l'entrée de la Rance). Quant aux autres Péridiniens abondants à l'ouvert de la Manche, ils deviennent presque tous très rares à son intérieur.

Si l'on remarque que les recherches d'hydrologie et les études de courants à l'entrée de la Manche, ont montré que la plus grande partie des eaux océaniques qui se présentent en été entre Ouessant et les Sorlingues, s'en retournent vers le Nord-Ouest après avoir décrit un circuit fermé et qu'il ne pénètre qu'une faible partie des eaux de surface en direction du Pas de Calais [2], on voit que l'absence des organismes atlantiques en Manche est due pour une part importante, à la faible pénétration des eaux atlantiques durant l'été; mais ce phénomène serait insuffisant à lui seul et il faut lui ajouter les destructions d'organismes que nous avons constatées et que nous signalons dans cette Note.

D'après nous, il existait au mois d'août 1924 deux courants principaux d'entrée des eaux de surface en Manche, l'un dirigé vers la baie de Ply-

---

(1) *Rapport préliminaire sur la campagne du* Pourquoi-Pas? *en* 1924 (*Ann. hydrogr.*, n° 1889, p. 89).

(2) LUMBY, *Fishery Investigations*, 3e série, 7, n° 7, 1924.

mouth, l'autre longeant la côte nord de Bretagne. La cause des destructions d'organismes doit être recherchée dans les changements de conditions qu'ils rencontrent en pénétrant dans la Manche et en premier lieu dans l'élévation de température des eaux superficielles qui atteint en moyenne deux degrés lorsqu'on passe de la région des Sorlingues au milieu de la Manche occidentale ([1]).

BOTANIQUE. — *Un exemple nouveau et certain de parasitisme chez les Hépatiques* (Marchantia polymorpha *L.*). Note de M. G. **Nicolas**, présentée par M. Molliard.

La présence d'un champignon dans le gamétophyte des Hépatiques n'est pas un fait rare; il n'est guère d'Hépatiques, en effet, où l'on n'ait signalé un mycélium dans les rhizoïdes, le thalle ou la tige feuillée. La plupart du temps, la plante ne semble pas souffrir de la présence du champignon (*Phoma*, *Fusarium*, Pézizacées: *Mollisia*, *Humaria*, *Helotium*, etc.), qui se comporte comme un endophyte, dont il affecte la forme avec ses arbuscules et ses sporangioles. Il constitue avec l'Hépatique une formation qui rappelle les mycorhizes endotrophes des Phanérogames; ce qui a fait même admettre par certains auteurs qu'il existait entre les deux organismes une sorte de symbiose ou tout au moins un parasitisme bien inoffensif. Ce n'est qu'exceptionnellement que le champignon agit en véritable parasite. Ce serait le cas d'un *Aneura* ([2]) décoloré, où la disparition de la chlorophylle semble provoquée par un champignon et d'un *Fossombronia Wondraczeki* Dumortier, dans le thalle et le sporogone duquel M. Chalaud vient d'observer la présence d'un champignon auquel sont dus certainement la teinte jaunâtre du thalle et l'avortement des spores restées au stade tétrades.

Je voudrais signaler ici un autre exemple de parasitisme chez une Hépatique banale, *Marchantia polymorpha* L. En février 1925, M. Bourreil m'a apporté un thalle stérile, propagulifère, de *Marchantia*, à aspect anormal, en voie de dessiccation remarquable surtout par sa teinte d'un gris bleu métallique.

([1]) Consulter Le Danois, *Rapport atlantique* 1921 (*Conseil permanent international pour l'exploration de la mer*), et les Tableaux hydrologiques fournis par les croisières du *Pourquoi-Pas?*

([2]) Denis, *Sur quelques thalles d'*Aneura *sp. dépourvus de chlorophylle* (*Comptes rendus*, 168, 1919, p. 64-66).

A l'examen microscopique, j'ai constaté que ce thalle était, sauf à son sommet indemne, infecté par deux champignons. L'un localisé dans la partie inférieure du thalle (3-4 assises à partir de la couche à rhizoïdes), à hyphes étroites, remplissant les cellules de ses arbuscules; c'est tout simplement un des nombreux champignons mycorhiziques. L'autre occupait les cellules situées entre les précédentes et le tissu chlorophyllien. Son mycélium, pourvu çà et là de quelques rares cloisons, plus large que le précédent, circule de cellule à cellule en traversant les membranes. Dans quelques cellules, il porte des renflements globuleux ($8-10 \times 10-15^{\mu}$), soit terminaux, isolés, soit intercalaires, en chapelets, séparés du mycélium par une cloison; ce sont des sporocystes. J'ai observé, en outre, dans le thalle une à quatre masses sphériques, à parois épaisses lisses, mesurant $12\text{-}13^{\mu}$ de diamètre, qui sont des œufs. L'un d'eux portait même encore appliquée contre lui l'anthéridie qui l'avait fécondé. La présence des sporocystes non portés par des sporocystophores spéciaux et d'œufs permet d'attribuer ce champignon au *Pythium*. Les parois des cellules envahies par les deux champignons étaient, comme c'est très fréquent chez les Hépatiques, colorées en rouge violacé; l'amidon digéré par le champignon avait disparu du thalle, sauf au sommet non contaminé.

J'ajouterai que ce thalle hébergeait dans la plupart de ses stomates une Nostoccacée, Schizophycée dont la présence est très fréquente chez les Hépatiques.

En remarquant que les *Pythium* sont considérés jusqu'à maintenant comme susceptibles de ne parasiter que des Ptéridophytes et des Phanérogames, exception faite toutefois pour *Saprolegnia Schachtii* Franck [1] et *Sporadospora Jungermaniæ* [2] Reinsch, champignons parasites, le premier du *Pellia epiphylla* Corda, le deuxième du *Plagiochila asplenioides* Dum. et que Fischer attribue tous deux au *Pythium de Baryanum* Hesse, il n'est pas sans intérêt de signaler l'existence certaine, dans le *Marchantia*, d'un *Pythium*, qu'il ne m'est pas possible de rapporter à une espèce connue, les cultures faites à partir de fragments de thalle contaminés ne m'ayant rien donné. Ce *Pythium* diffère, en effet, du *P. de Baryanum* par ses sporocystes intercalaires disposés en chapelets et par la plus petite taille de ses œufs. C'est peut-être une race du *P. de Baryanum* spéciale au *Marchantia*.

---

(1) Frank, *Die Pilzparasitären der Pflanzen*, 1re édition, 1880, p. 384.
(2) Reinsch, *Contrib. ad Alg. et Myc.*, 1re édition, vol. III, 1875, p. 95.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hérédité de la propriété remontante chez les plantes greffées*. Note de M. **Louis Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On désigne sous le nom de plantes remontantes celles qui, au lieu de donner une seule floraison dans l'année, remontent, c'est-à-dire donnent deux ou plusieurs floraisons, qu'il s'agisse de végétaux annuels ou vivaces (Rosiers, Œillets, etc.). Au cours de mes recherches sur l'action du greffage sur les rythmes de végétation et le développement des associés, j'ai observé plusieurs fois l'apparition de la propriété remontante chez les épibiotes quand elle ne se manifestait pas chez les témoins cultivés dans des conditions identiques, en dehors de la symbiose. J'ai obtenu des Haricots noirs de Belgique remontants (1900); j'ai redonné de la vigueur à une tige sénile de *Scopolia* qui a fleuri ensuite une seconde fois à la suite de sa greffe sur une jeune Tomate (1903); des Choux de races différentes greffés entre eux ont fourni trois floraisons successives dans la même année (1913); quelques exemplaires de Tanaisie greffé sur *Chrysanthemum frutescens* et de Soleil annuel greffés sur Topinambour ont remonté une ou deux fois (1922-1924).

Ces variations chez les végétaux vivaces ont un certain intérêt puisqu'on peut les propager par multiplication végétative et obtenir ainsi des fleurs à des époques anormales. J'ai recherché si la propriété remontante ainsi provoquée par greffage était héréditaire par graines et à quel degré. A la suite du semis des graines du Haricot noir de Belgique remontant, j'ai pu fixer, par sélections successives, une nouvelle race remontante, la première qui ait été observée chez l'espèce *Phaseolus* (1903). De même j'ai obtenu par semis du Soleil greffé, quelques exemplaires nettement remontants, mais la race n'est pas encore fixée, mes expériences étant trop récentes. En même temps que la propriété remontante ou quelquefois séparément, quelques jeunes plantes ont conservé la prolongation de durée de vie observée chez la plupart des épibiotes vigoureux, ainsi que le nanisme des tiges et l'exagération de dimension des feuilles.

L'an dernier, j'avais observé de nombreux épibiotes remontants chez les *Tanacetum boreale* greffés sur *Chrysanthemum frutescens*. Ayant semé quelques-unes de leurs graines au printemps, j'ai obtenu seulement six germinations. Sur les six pieds, deux n'ont pas remonté tandis que les quatre autres ont remonté à deux reprises, comme le pied mère greffé qui les avait fournis.

Ces faits montrent que, si le greffage est un des facteurs capable de provoquer chez les épibiotes l'apparition accidentelle de la propriété remontante, celle-ci est partiellement héritée par les descendants de ceux-ci, dans les conditions de mes expériences. Ce sont de nouveaux exemples de variations produites par la symbiose dans les caractères physiologiques des associés et du parallélisme de la réaction sur le soma et sur le plasma germinatif.

ZOOLOGIE. — *Sur la biologie de la Truite-Omble du Moyen Atlas* (Salmo Pallaryi *Pellegrin*). Note [1] de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'année dernière j'ai donné la description [2] d'un intéressant Salmonide du Maroc qu'on peut désigner sous le nom de Truite-Omble; son aspect général, la petitesse de ses écailles montre en effet ses affinités avec les Ombles Chevaliers, formes bien connues de nos lacs alpestres, tandis que la présence constante de dents sur le corps du vomer le rapproche des Truites.

L'espèce habite l'Aguelman Sidi Ali ou Mohamed, lac profond du Moyen Atlas situé à une altitude de 2150^{m} environ [3] et qui se trouvait, il y a quelques années encore, en pleine zone dissidente. Dès que le pays fut occupé, les officiers du Service des Renseignements, parmi lesquels le lieutenant-colonel de Loustal, pêchèrent ce poisson. M. Pallary, qui explora le lac en septembre 1923, rapporta deux spécimens au Muséum de Paris et je lui dédiai alors cette espèce nouvelle pour la science. En octobre dernier, j'ai pu retourner à l'Aguelman, ce qui m'a permis de faire sur place certaines observations qu'on trouvera plus loin sur la biologie de ce Salmonide et de rapporter au Muséum une belle série d'échantillons.

---

(1) Séance du 21 décembre 1925.

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 971; *Bull. Mus. Hist. nat.*, 1924, p. 181; *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 49, 1924, p. 458.

(3) M. Pallary donne 2230^{m}, M. Alluaud 2150, M. Vogeli 1950. Je prends le chiffre moyen.

Dimensions. Poids. — La longueur des 13 spécimens adultes conservés au Muséum (2 de Pallary, 1 d'Alluaud, 10 de moi) est comprise entre 200 et 265^{mm} de longueur avec un poids de $51^{g},5$ à 111^{g}, mais certains individus arrivent à 350^{mm} et peut-être davantage.

Coloration. — Elle est très caractéristique, complètement noire au sortir de l'eau chez certains sujets, noire sur le dos et les côtés avec le ventre blanc chez d'autres. Il s'agit là non d'un caractère sexuel, mais de variations individuelles. L'autopsie montre aussi bien des mâles que des femelles à ventre blanc ou à ventre noir.

Régime. Pêche. — Le régime, du moins en automne, paraît principalement insectivore. On rencontre dans l'estomac ou l'intestin de nombreux fragments d'Insectes et de Crustacés et parfois quelques débris végétaux. Dans l'estomac d'un individu j'ai trouvé une grosse Sauterelle presque intacte. A la ligne on prend facilement la Truite-Omble au Ver de terre; elle est très vorace. De 10^{h} à 13^{h} quatre pêcheurs ont pu prendre devant moi 53 sujets adultes; ceci, en outre, indique des habitudes diurnes.

Reproduction. — On ne trouve sur les bords du lac, ni œufs, ni alevins. La reproduction se fait sans doute dans la profondeur. Au sujet de son époque, j'ai pu constater qu'elle commençait pour la plupart des sujets dès octobre. En effet, l'examen des 2 exemplaires types de Pallary, pris en septembre, montre deux femelles, l'une à ovaires encore peu développés (œufs, diamètre : 1^{mm} à $1^{mm},5$), mais l'autre à ovaires assez avancés dans leur évolution avec certains œufs déjà volumineux indiquant une ponte pas très éloignée.

Sur les 10 spécimens pêchés le 20 octobre 1925, rapportés par moi, il y a 3 mâles à testicules mûrs, 5 femelles à ovaires énormes, prêtes à pondre, 2 femelles à ovaires réduits (ponte sans doute déjà faite). Voici quelques chiffres pris sur 2 spécimens en pleine maturité sexuelle :

Mâle. — Longueur : 237^{mm}; poids : 81^{g}.

Longueur du testicule gauche : 66^{mm}; poids : $1^{g},7$.

Longueur du testicule droit : 70^{mm}; poids : $1^{g},8$.

Poids total des deux testicules : $3^{g},5$.

Femelle. — Longueur : 220^{mm}. Poids : 89^{g}.

Poids de l'ovaire gauche : $15^{g},5$; nombre d'œufs : 165
» » droit : $6^{g},5$; » 66

Le poids des deux ovaires, 22^{g}, s'élève environ au quart du poids total de l'animal, ce qui est vraiment remarquable.

Les œufs, au nombre de 231, sont très volumineux; leur diamètre est de 5^{mm} à $5^{mm},5$, parfois 6^{mm} (1). Au moment de la ponte, la coloration est d'un beau jaune.

Utilisation. — La chair de la Truite-Omble que j'ai pu goûter est blanche, fine, de goût agréable et rappelle celle de la Truite non saumonée.

Ces quelques indications doivent appeler l'attention sur un excellent

(1) La dimension des œufs de notre Truite indigène est de 4 à $5^{mm},5$.

poisson, aujourd'hui sans doute confiné dans un seul lac du Moyen Atlas, mais qui y est encore fort abondant. Il faudra donc, d'abord, veiller à ce que, là où il se trouve, il ne diminue pas.

D'autre part, il y a lieu de poursuivre sa propagation. Déjà quelques individus ont été apportés par les soins de l'administration des Eaux et Forêts à la petite station piscicole d'Azrou. Il serait désirable d'obtenir la reproduction de l'espèce et de l'introduire ensuite dans quelques localités bien choisies d'autres régions montagneuses de l'empire chérifien. L'expérience mérite d'être tentée. Cet unique représentant réellement africain (1) de la famille des Salmonides présente, en effet, des chances d'adaptation à un milieu qui est déjà presque le sien, autrement grandes que certaines espèces exotiques qui, par ailleurs, ne lui sont en rien supérieures au point de vue de la valeur alimentaire (2).

ZOOLOGIE. — *Sur un Actiniaire nouveau de la Méditerranée* (Chondranthus denudatum *n. g. n. sp.*). Note de MM. **André Migot** et **Adolf Portmann**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours d'une sortie effectuée dans les eaux de Banyuls par l'*Orvet*, vapeur du Laboratoire Arago, la drague ramena d'une profondeur de 80ᵐ environ un Actiniaire nouveau.

Son *aspect général* diffère beaucoup de celui des Actiniaires en général, mais rappelle celui de plusieurs genres de l'ancienne famille des *Amphianthinæ* de R. Hertwig (3). Le trait le plus remarquable en est l'allongement considérable de la sole pédieuse déterminant un plan de symétrie bilatérale.

Nous n'indiquerons ici que quelques particularités d'un intérêt plus général, réservant la description détaillée pour un travail en préparation. Ce sont surtout quatre caractères histologiques saillants qui donnent à l'animal sa physionomie :

1° Prépondérance de la mésoglée par rapport aux autres couches. Accessoirement, abondance des éléments cellulaires dans cette mésoglée ;

---

(1) La Truite à grandes taches, assez abondante au Maroc, se rencontre dans plusieurs autres points du sud du pourtour méditerranéen.

(2) Dans cet ordre d'idées M. Léger vient de montrer la supériorité pour le peuplement des lacs alpins de haute altitude de l'Omble Chevalier indigène sur les Salmonides américains : Saumon de fontaine et Truite arc-en-ciel (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 813).

(3) Delage et Hérouard, *Zoologie concrète. Cœlentérés*, p. 519.

2° Sphincter très puissant autour de la couronne tentaculaire, complètement noyé dans la mésoglée et n'y déterminant pas de saillie ;

3° Absence d'ectoderme sur la plus grande partie de la colonne, contrastant avec son grand développement sur la sole pédieuse ;

4° Nombreuses *tonofibrilles* dans l'ectoderme pédieux.

Sur la face inférieure du capitulum, il existe encore une mince couche d'ectoderme, mais cette couche diminue progressivement d'épaisseur et finit par disparaître complètement sur la plus grande étendue de la colonne. Il ne persiste que dans les sillons longitudinaux et en quelques rares îlots.

Il ne s'agit pas là d'une mutilation, mais bien d'une disposition normale; on peut suivre l'amincissement progressif de la couche ectodermique dans les îlots. (Signalons dans cet ectoderme la rareté des nématoblastes.)

Dans la *sole pédieuse* au contraire, l'ectoderme est extrêmement développé. En dehors de rares nématocystes et des cellules nerveuses normales, l'ectoderme présente deux éléments essentiels : 1° des cellules glandulaires typiques; 2° des éléments de soutien très caractéristiques : les *tonofibrilles*.

Cet élément remarquable a été décrit par Hérouard (¹) chez la larve scyphistome des Acraspèdes. Il avait déjà été vu par Krempf (²) chez les Stichodactylines et constituait, pour cet auteur, un élément caractéristique de la famille.

Sur nos coupes, les *tonofibrilles* se présentent sous deux aspects : Dans une première forme, ce sont des éléments très allongés résultant de la transformation de certaines cellules correspondant aux cellules de soutien typiques pour l'ectoderme des Actiniaires. Ici la plus grande partie du cytoplasme est transformée en une colonne de substance anhyste ; il ne reste de la cellule formatrice que le noyau accolé à la fibrille par une mince couche de cytoplasme. Chaque *tonofibrille* est ancrée dans la mésoglée par de fins prolongements, l'autre extrémité se terminant à la limite de l'ectoderme. Cette limite est marquée par une mince cuticule sécrétée par les cellules glandulaires et fixant l'animal à son support.

Dans leur deuxième forme, les *tonofibrilles* sont réduites à de minces tractus joignant encore la mésoglée à la cuticule. Le noyau est toujours très net, mais la couche cytoplasmique qui l'unit à la fibrille est encore plus réduite. Dans l'intervalle laissé par les tractus, on retrouve les cellules glandulaires, mais seulement dans la région voisine de la cuticule. Il en résulte que la sole pédieuse n'est plus constituée que par deux lames parallèles : la mésoglée d'une part, la cuticule et les cellules glandu-

---

(¹) HÉROUARD, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 36, 1911, p. 15.

(²) KREMPF, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 816.

laires d'autre part, ces deux lames n'étant réunies que par les minces tractus des *tonofibrilles*.

Nous pensons que ces deux formes constituent deux stades successifs de l'évolution des tonofibrilles au cours du renouvellement continuel des cellules du pied. Cette évolution correspond du reste à celle que décrit Hérouard dans le pied du scyphistome, avec cette différence qu'ici la cellule reste toujours vivante.

Au point de vue de l'anatomie générale, nous avons ici un nouvel exemple de ce fait que la tonifibrille ne peut caractériser un groupe systématique, comme le voulait Krempf pour les Stichodactylines. Elle n'est qu'une adaptation morphologique à un certain mode de fixation. On la retrouve, du reste, comme l'a montré l'un de nous (¹), dans des groupes très divers, soit sous la forme typique, soit sous une forme rudimentaire. A cette variété d'aspect, correspondent des différences dans les réactions de coloration : les tonofibrilles prenant l'hématoxyline dans beaucoup de cas, mais seulement les colorants acides chez *Chondranthus*.

Biologie. — L'animal vit à une profondeur de 80^{m} environ, fixé sur des tiges d'*Aglaophenia myriophyllum* où il est associé à des Néoméniens. A l'état contracté, le capitulum est complètement invaginé, ce qui donne un aspect vermiforme ne rappelant en rien une Actinie. Au repos, il s'épanouit complètement; il est alors très peu sensible aux excitations, fait qui a déjà été signalé chez diverses Actinies de profondeur.

Systématique. — En tenant compte des caractères indiqués par Stephenson dans son travail fondamental sur la classification des Actiniaires (²), travail dont les conclusions sont adoptées aujourd'hui par la plupart des auteurs, nous pouvons placer le genre *Chondranthus* dans la sous-tribu des *Mesomyaria* et la famille des *Paractidæ* telle que l'entend Stephenson.

PHYSIOLOGIE. — *Toxicité du sérum mis en contact avec l'amidon.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

En 1913, Nathan (³), en confirmant les expériences de Bordet sur la toxicité du sérum gélosé, avait annoncé que l'amidon produit les mêmes

---

(¹) A. Migot, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 47, 1922, p. 269-278.

(²) Stephenson, *Q. J. Micr. Sc.*, 64, 1920-1922, p. 425-574; 65, p. 493-576; 66, p. 247-319.

(³) E. Nathan, *Zeitsch. für Immunitätsforschung und experimentelle Therapie*, 17, 1913, p. 478 à 486.

effets que la gélose et plusieurs auteurs sont ensuite arrivés aux mêmes conclusions, à savoir que le sérum d'un animal déterminé mis en contact avec une petite quantité d'amidon pendant quelques heures, à l'étuve à 37°, donne naissance à une anaphylatoxine susceptible de tuer les animaux de la même espèce.

Nous avons antérieurement montré, dans le cas du sérum gélosé, que l'anaphylatoxine n'existait pas et que la préparation sérique devait sa nocivité à un floculat resté en suspension dans le milieu; une centrifugation très énergique et suffisamment prolongée rendent ce sérum complètement inoffensif [1].

Il était intéressant de rechercher si le mécanisme de la toxicité du sérum amidonné relevait du même mécanisme et, pour cela, nous avons délayé 10^{cg} d'amidon de riz, marque Rémy, dans 10$^{cm^3}$ de sérum de cobaye; après agitation, le mélange a été porté à l'étuve à 37°, puis abandonné pendant le même temps à la température du laboratoire (18°). La plus grande partie de l'amidon s'était alors déposée, et pour éliminer plus complètement, on a centrifugé le liquide pendant 20 minutes à 9000 tours (vitesse tangentielle au fond du tube, 96^m par seconde).

Injectée très lentement (en 45 secondes) dans la jugulaire du cobaye, cette préparation donne, au bout de 3 minutes, un choc du type anaphylactique tout à fait caractéristique; tous les symptômes de l'anaphylaxie vraie sont observés : prurit, hoquet, convulsions, coma et mort.

Le même sérum non amidonné, traité et employé de la même manière dans une expérience témoin, ne donne lieu à aucun accident.

Si la centrifugation du sérum amidonné est poursuivie pendant 30 minutes, les troubles n'apparaissent que 10 minutes après l'injection; ils sont très atténués et se traduisent par un peu d'agitation, un prurit parfois intense, l'animal mâchonnant reste longtemps hérissonné puis se rétablit complètement.

En centrifugeant dans les mêmes conditions durant 50 minutes, le sérum devient complètement inoffensif.

Le sérum amidonné et centrifugé pendant 20 minutes ne donne aucune trace de réaction de l'amidon par l'iode.

Il est probable que le choc observé ne provient pas de l'amidon lui-même mais d'un complexe amidon-sérum.

---

(1) AUGUSTE LUMIÈRE et HENRI COUTURIER, *Sur la toxicité du sérum gélosé* (*Arch. internat. de Pharmacodynamie et de Thérapie*, 30, 1925, p. 151 à 155).

Ce complexe est éliminable par centrifugation prolongée, il ne s'agit donc pas d'un produit soluble, mais d'un floculat.

Un fait digne de remarque est que la symptomatologie du choc par le sérum amidonné est superposable à celle de l'anaphylaxie proprement dite, tandis que les troubles du choc par le sérum gélosé insuffisamment centrifugé s'en écartent notablement.

Or, nous avons fréquemment constaté que les accidents provoqués par l'injection dans les vaisseaux de précipités préformés étaient d'autant plus voisins de ceux de l'anaphylaxie que ces précipités étaient plus fins.

Le complexe gélose-sérum serait donc plus grossier que le complexe amidon-sérum et précisément ce dernier résiste beaucoup plus longtemps à la centrifugation.

Enfin, si l'on centrifuge, par exemple, pendant 15 minutes seulement un sérum gélosé et un sérum amidonné, on obtient un liquide surnageant toxique; après une nouvelle centrifugation de 25 minutes, ce même liquide est devenu dans les deux cas inoffensif; au fond du tube gélosé, on voit un dépôt infime mais cependant très nettement perceptible, tandis qu'on n'en aperçoit aucun au fond du tube amidonné, ce qui tend à démontrer que les constantes optiques et notamment l'indice de réfraction du complexe sérum-amidon sont extrêmement voisins de ceux du sérum.

Ces résultats qui sont concordants apportent encore des arguments nouveaux en faveur de notre thèse de l'anaphylaxie [1] et il ne nous paraît guère possible d'expliquer autrement que par la théorie de la floculation l'évanouissement, par le seul effet de la centrifugation, de cette anaphylatoxine qui a donné lieu à tant de travaux et que nous considérons comme inexistante.

Dans tous les cas, l'agent nocif est un floculat plus ou moins visible, qui est insoluble et qui n'intervient, par conséquent, que par sa formule physique.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Action de la température sur la respiration* in vitro *des tissus d'homéothermes et de pœcilothermes.* Note [2] de M. **Jean Roche**, présentée par M. Henneguy.

L'étude des mécanismes par lesquels les variations de la température extérieure modifient la production calorique des êtres vivants — homéothermes et pœcilothermes — nécessite une connaissance précise de l'influence qu'exerce la température sur la respiration des tissus *in vitro*.

---

[1] Auguste Lumière, *Le problème de l'anaphylaxie*, Doin, Paris, 1924.

[2] Séance du 21 décembre 1925.

Chez les homéothermes, Terroine et Roche d'une part, Büchner et Grafe d'autre part ont, simultanément et indépendamment, établi que les tissus homologues présentent, *in vitro*, la même intensité respiratoire. Puisque cette intensité est la même quelle que soit la calorification *in vivo* des êtres auxquels ils appartiennent, c'est que, pour Terroine et Roche, les causes qui règlent la grandeur de la production calorique *in vivo* sont extérieures aux tissus, circulatoires ou nerveuses. On est ainsi amené à se demander si, lorsqu'un tissu d'homéotherme est séparé de l'organisme et que les influences circulatoires et nerveuses cessent de s'exercer, il ne se comportera pas comme un pœcilotherme modifiant ses échanges dans le sens des variations de la température.

Chez le poïkilotherme, on doit rechercher si l'action de la température, parfois considérable sur un tissu isolé (Thunberg observe dans le muscle de Grenouille des échanges décuplés par le passage de 10° à 20°) est la même sur les tissus isolés et sur les organismes totaux. La constatation d'une différence constituerait une intéressante présomption en faveur de l'existence d'un mécanisme thermorégulateur imparfait chez le pœcilotherme, mécanisme sur lequel divers auteurs, et tout particulièrement Lefèvre, ont depuis longtemps déjà appelé l'attention.

Nous avons donc repris l'étude, suivant une technique antérieurement décrite (Terroine et Roche), de l'influence des variations de la température sur l'intensité respiratoire du muscle chez un homéotherme (pectoral de Pigeon) et chez un pœcilotherme (muscle ischiatique de la Grenouille).

On trouvera ci-dessous les résultats — valeurs moyennes de 5 à 6 déterminations — exprimés en millimètres cubes de O^2 par gramme de tissu frais et par heure. A titre de comparaison avec le muscle de Grenouille nous avons relevé les données de Vernon relatives à la production *in vivo* de CO^2 chez la Grenouille *Rana temporaria*.

Température.	Muscle de Pigeon.	Muscle de Grenouille.	CO^2 par kg-heure chez la Grenouille (d'après Vernon).
0°	»	94,1	»
2	»	»	89
5	»	109,9	
6	»	»	99
10	206	130,3	97
15	309,9	161,7	97
20	392,0	201,7	113
28	512,7	260,7	256
30	640,2	318,7	408
35	827,7	»	»
40	1087,4	»	»

Il nous semble que les données acquises permettent de dégager les propositions suivantes :

1° Aussi bien chez les homéothermes que chez les pœcilothermes, l'intensité des échanges respiratoires varie dans le même sens que la température : un tissu d'homéotherme *in vitro* se comporte donc comme un animal poïkilotherme. La variation, extrêmement régulière, peut être exprimée par une loi mathématique simple : la consommation de O^2 (y) par gramme-heure est une fonction exponentielle de la température (t), d'une constante propre à chaque espèce (k) et d'une constante invariable (a). Cette loi, de la forme $y = ke^{at}$, donne pour le muscle de Pigeon $y = 147(1,05)^t$, et pour le muscle de Grenouille $y = 83,314(1,05)^t$.

2° A une même température, la consommation d'oxygène est beaucoup plus élevée chez le muscle de Pigeon que chez celui de Grenouille, fait identique à celui signalé par Rijuta Usui lors de la comparaison de l'intensité respiratoire *in vitro* des foies de Souris et de Grenouille. Des recherches systématiques actuellement poursuivies avec Terroine et Hee montreront s'il y a là un fait général séparant nettement homéothermes et pœcilothermes et tenteront d'en élucider la cause.

3° Les variations de l'intensité respiratoire en fonction de la température sont moins marquées chez le tissu du pœcilotherme que chez celui de l'homéotherme. D'autre part la courbe qui traduit les variations de la respiration du poïkilotherme total a la même allure que celle qui traduit les variations de la consommation de l'oxygène dans le muscle isolé. Il ne semble donc pas qu'il y ait à proprement parler chez le pœcilotherme — au moins chez celui que nous avons étudié — un mécanisme régulateur des échanges, mais une sorte de régulation rudimentaire que traduit la faible sensibilité des tissus aux écarts thermiques.

La régulation du pœcilotherme serait ainsi basée sur la structure même du protoplasme. Son mode d'action résiderait à la fois dans la lenteur de l'accommodation aux modifications des facteurs extérieurs (Loi des états antérieurs de Palladine) et dans la faible amplitude des variations du métabolisme en réponse aux écarts de température.

PHYSIOLOGIE. — *Reproduction, croissance et équilibre alimentaire.* Note de Mme **L. Randoin**, M. **J. Alquier**, Mlles **Asselin** et **Charles**, présentée par M. E. Leclainche.

Nos expériences sur la reproduction font partie d'un ensemble de recherches effectuées pendant deux ans sur plus de cent rats blancs, soumis à des régimes à base de *gros son* du commerce.

L'analyse chimique, puis l'analyse biologique, nous ont permis de compléter ce son par addition, en proportions convenables, d'une *solution saline* ($NaCl$ et $CaCl^2$) et de trois aliments usuels : *caséine, beurre, sucre*, en vue d'obtenir un régime capable d'assurer, pour l'espèce, le cours normal de la vie (1).

Les quatre compléments ont été associés au son, ensemble ou séparément, selon les quinze combinaisons possibles; et nous avons pu ainsi démontrer, par des *courbes de croissance*, que la valeur d'un régime ne dépend pas tant du nombre des principes alimentaires et de leurs quantités absolues, que de leur qualité et de leurs proportions relatives (2).

Technique. — Chaque régime a été étudié sur des couples de jeunes rats, pesés chaque jour ainsi que leurs ingesta, et soumis à des épreuves rigoureuses de fécondité, afin de savoir, notamment, si la stérilité, une fois constatée, tenait au mâle ou à la femelle.

Conclusions — I. De l'ensemble de nos expériences, ressort cette notion que *les conditions d'équilibre alimentaire assurant le mieux la croissance ne sont pas toujours celles qui favorisent le mieux les fonctions de reproduction*, notion qui se dégage également des travaux de H. Simonnet (*Thèse*, Paris, 1925) et des observations de la pratique agricole courante.

Notre régime VII, relativement bon pour la croissance, rend les animaux des deux sexes absolument stériles; les régimes IV et VIII, très bons pour la croissance, provoquent chez la femelle des troubles plus ou moins graves et à échéance plus ou moins lointaine; inversement, le régime III, peu favorable à la croissance, assure une reproduction parfaite au couple et à sa descendance (*voir les graphiques*).

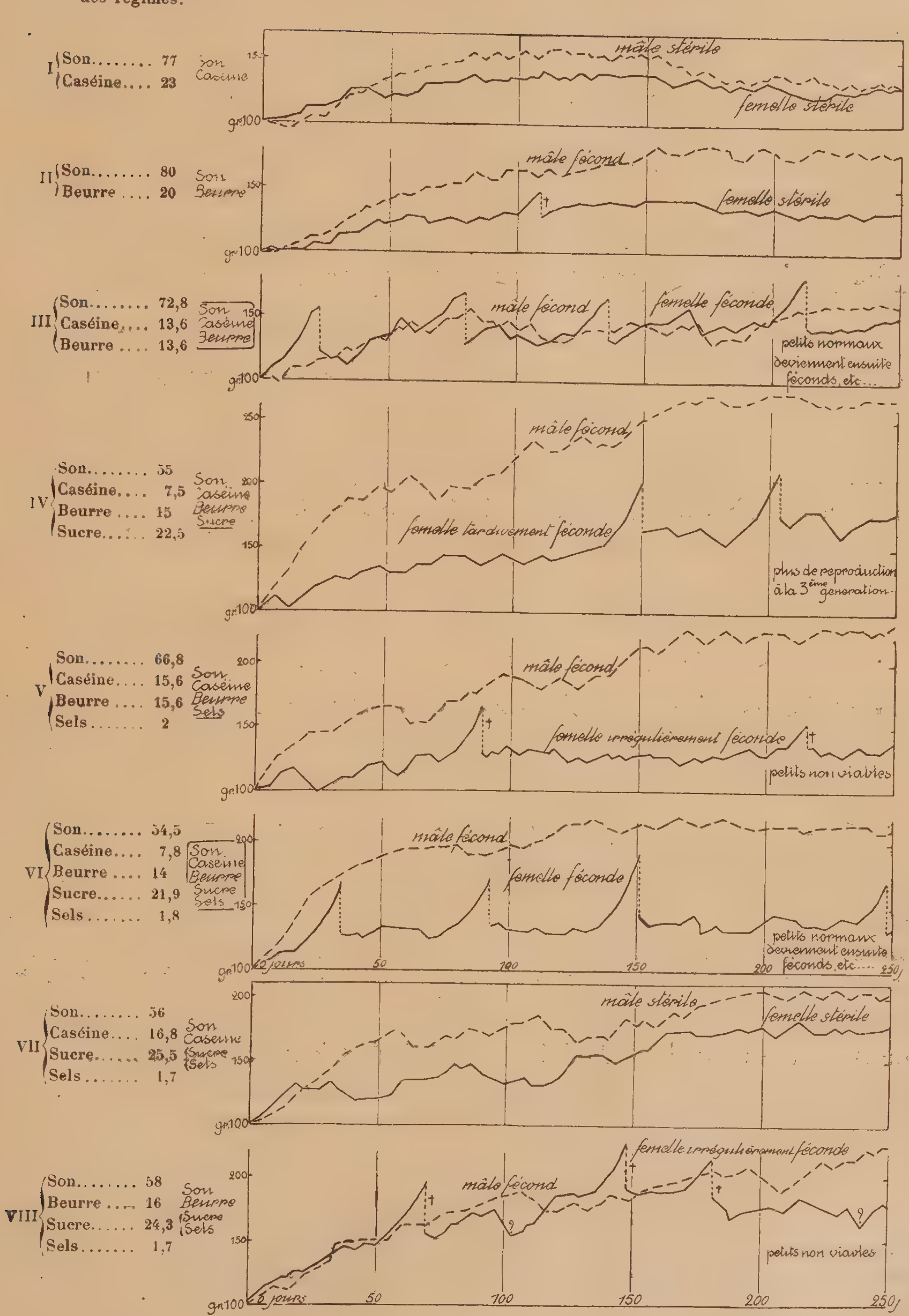
II. *Le beurre apporte des principes indispensables à la fécondation* (tout au moins le facteur lipo-soluble A), agissant de concert avec les autres vitamines contenues dans le son : facteur B, facteur E (?). Avec les régimes I et VII, dépourvus de beurre, la stérilité est, en effet, absolue.

---

(1) Mme L. Randoin et M. J. Alquier, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1342.

(2) Mme L. Randoin et M. J. Alquier, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 2063.

Composition centésimale des régimes.



III. Mais si le régime *son + beurre* semble suffire au mâle, il n'en est pas de même pour la femelle (comparer II et III) qui ne peut mener à bonne fin la gestation et l'élevage des petits sans la *caséine*. Celle-ci agirait, soit en apportant un acide aminé spécifique, soit en permettant la réalisation d'un équilibre convenable entre les acides aminés du régime ou peut-être encore entre les diverses matières minérales. Ainsi, le *lait*, renfermant à la fois du beurre et de la caséine, serait un *aliment de sécurité* vis-à-vis de la reproduction, ce qui est d'accord avec les résultats favorables obtenus en clinique par l'usage presque exclusif de cet aliment dans certains cas de stérilité chez la femme.

IV. Mais, le beurre et la caséine étant présents dans le régime, il faut encore tenir compte de la nécessité d'un *équilibre entre les composants minéraux et les composants énergétiques, spécialement pour la femelle*. On voit que le régime III, parfaitement convenable pour la reproduction, est déséquilibré par l'apport de sucre (22,5 pour 100 — IV), mais surtout par l'apport des chlorures de Na et Ca (2 pour 100 — V) et l'équilibre est rétabli (VI) par l'*introduction simultanée du sucre et des sels*

$$\left(\text{le rapport : } \frac{\text{matières minérales totales}}{\text{glucides digestibles totaux}} \text{ de ce dernier régime est de } \frac{1}{9,5}\right).$$

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Concentration moléculaire du milieu intérieur d'une Ascidie* (Ascidia mentula *Müll.*). Note ([1]) de MM. **Marcel Duval** et **Marcel Prenant**, présentée par M. L. Joubin.

L'un de nous, au cours de précédentes recherches sur le milieu intérieur des animaux aquatiques, avait vérifié la notion classique que le sang des Invertébrés marins vivant dans les conditions normales se congèle à la même température que l'eau de mer ambiante. Les Invertébrés étudiés avaient été des Crustacés, des Céphalopodes, des Vers, des Échinodermes. Il nous a semblé intéressant d'étendre ces recherches aux Procordés et nous avons examiné un Tunicier, l'Ascidie (*Ascidia mentula* Müll.).

Les animaux qui provenaient du vivier de la station biologique de Roscoff étaient, selon la technique utilisée dans les recherches antérieures ([2])

([1]) Séance du 28 décembre 1925.

([2]) Pour les détails de technique, voir Marcel Duval, *Bull. Soc. scient. Arcachon*, 1924, et surtout *Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques* (*Ann. Inst. océanographique*, nouvelle série, II, fasc. 3, juin 1925, p. 233 à 407).

conservés quelques jours dans un aquarium à eau de mer non renouvelée.

Pour prélever le sang, on débarrassait l'animal de sa tunique, en évitant toute lésion inutile; on exprimait doucement, mais aussi complètement que possible, l'eau de la branchie, ainsi que des cavités cloacale et péribranchiales; on essuyait doucement l'animal, puis on le saignait par section du sinus sous-endostylaire. Les premières gouttes de sang lavaient les traces d'eau de mer qui pouvaient rester et on les rejetait, pour ne recueillir que les portions suivantes. On vérifiait en outre au microscope l'aspect du sang, pour être certain qu'il ne s'était pas fait de souillure grave. Un individu fournissait selon sa taille entre 2 et 4^{cm^3} de sang pur.

On mesurait alors le point cryoscopique de l'eau de mer dans laquelle l'Ascidie avait séjourné et celui de son sang. On dosait en outre le chlore (exprimé en chlorure de sodium) dans ces deux liquides.

Voici les résultats de trois expériences, les déterminations faites sur d'autres individus ayant toujours conduit à des résultats analogues :

Point de congélation		Teneur en NaCl en g. par litre	
du sang.	de l'eau de mer.	du sang.	de l'eau de mer.
$-2^\circ,08$	$-1^\circ,98$	34,7	33,0
$-2,08$	$-1,98$	34,7	33,0
$-2,09$	$-2,00$	35,0	33,2

Ce Tableau montre que, contrairement à ce que l'on observe chez les autres Invertébrés marins, le sang de l'Ascidie n'est pas isotonique avec l'eau de mer mais lui est très sensiblement hypertonique, la différence entre les points de congélation des deux milieux étant de 0°,10. On voit également que la teneur en chlore du sang est plus grande que celle de l'eau de mer externe. Nous n'avions jusqu'à présent constaté sur les autres Invertébrés marins qu'une teneur en chlore du sang, soit égale à celle de l'eau de mer (Echinodermes, Vers) soit inférieure (Crustacés, Céphalopodes, Gastéropodes).

L'Ascidie se différencie donc nettement, au point de vue de la concentration moléculaire de son sang, des autres Invertébrés marins étudiés jusqu'alors et il nous semble intéressant de comparer le sang de ce Tunicier à celui des Sélaciens que nous avons montré être, lui aussi, plus concentré que l'eau de mer, la différence entre le Δ du sang des Sélaciens et l'eau de mer étant en moyenne de 0°,10. Il est remarquable, à notre avis, que l'excès de la concentration du milieu intérieur de l'Ascidie sur celle de l'eau de mer se traduise aussi par une différence de Δ de 0°,10. Mais tandis que chez le Sélacien une grande partie de la concentration sanguine est produite par des substances organiques, principalement de l'urée, chez

l'Ascidie, au contraire, elle est due pour ainsi dire uniquement à des substances minérales, le sang de cet animal ne contenant des substances organiques qu'en très faibles quantités, ainsi que nous l'avons constaté.

Au point de vue de la physiologie de son milieu intérieur, l'Ascidie, Invertébré considéré comme très élevé en organisation, fait en quelque sorte la transition entre les autres Invertébrés marins dont le sang est isotonique avec l'eau ambiante et les Sélaciens dont le sang, plus concentré que l'eau de mer, doit une partie de cette concentration à des substances organiques.

Ceci est bien en rapport avec la place que cet animal occupe dans la classification et nous nous proposons d'étendre ces recherches à d'autres Procordés. Incidemment nous avons mesuré la réaction ionique du sang de l'Ascidie. Nous l'avons trouvée égale à pH = 7,1, valeur en bon accord avec celle que M. Rapkine et Mlle Damboviceanu viennent de publier tout récemment (1).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la fonction cholestérogénique de la rate; influence de la sécrétion interne splénique sur la cholestérogenèse dans les muscles.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **L.-C. Soula**, présentée par M. Charles Richet.

Si l'on dose la cholestérine dans le sang de l'artère et de la veine fémorales d'un chien normal, on trouve généralement un peu plus de cholestérine dans le sang veineux.

Si l'on énerve le membre postérieur par section du tronc du nerf crural et du nerf sciatique et si l'on procède ensuite au dosage de la cholestérine, on obtient un résultat différent : diminution de la cholestérine dans le sang veineux par rapport au sang artériel.

Mais si l'on faradise les bouts périphériques des deux nerfs de façon à provoquer un tétanos musculaire d'une durée de quelques minutes, on constate que les muscles abandonnent au sang plus de cholestérine qu'ils n'en reçoivent.

Il y a donc diminution de la cholestérogenèse dans les muscles énervés, augmentation dans les muscles tétanisés.

Tels sont les faits déjà constatés par Grigaut et Dejace (2).

Connaissant par des recherches antérieures le rôle important de la rate dans la cholestérogenèse (3) nous avons voulu voir comment se comporterait la cholestérogenèse musculaire après ablation de la rate.

L'expérience suivante montre bien l'importance de la sécrétion interne splénique.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 93, n° 36, 1925, p. 1427.

(2) *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie*, 93, 25 juillet 1925, p. 586.

(3) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1850.

Chien de 14^{kg} *à jeun, chloralosé.* — On sectionne sur cet animal le tronc du nerf crural et celui du nerf sciatique; puis on faradise les bouts périphériques des deux nerfs pendant 5 minutes.

On dose la cholestérine du sang de l'artère fémorale et de la veine fémorale.

Sang artériel : 1^{g},258 par litre. Sang veineux : 1^{g},013 par litre.

Contrairement à ce qui se produit chez l'animal normal, la tétanisation des muscles, au lieu de provoquer l'enrichissement du sang veineux en cholestérine, détermine une diminution de 0^{g},245 par litre.

On reprend la faradisation et pendant que les nerfs sont ainsi excités, on injecte lentement dans la veine saphène du membre opposé 100$^{cm^3}$ de macération aqueuse de rate filtrée. L'injection se poursuivant lentement, on dose la cholestérine dans le sang de l'artère et dans celui de la veine.

Sang artériel : 1^{g},258 par litre. Sang veineux : 1^{g},578 par litre, soit une augmentation de 0^{g},320 au bout de 5 minutes de faradisation. Après 10 minutes d'excitation, on trouve :

Sang artériel : 1^{g},250 par litre. Sang veineux : 1^{g},500 par litre, soit une augmentation de 0^{g},250. On cesse la faradisation et 10 minutes après, on trouve :

Sang artériel : 1^{g},364 par litre. Sang veineux : 1^{g},153 par litre, soit une diminution de 0^{g},211.

Ainsi la perfusion de l'extrait aqueux de rate a rendu aux muscles tétanisés le pouvoir cholestérogénique dont la splénectomie les avait privés.

Cette intervention de la rate pendant le travail musculaire se manifeste objectivement par les variations de volume de la rate inscrites au moyen du pléthysmographe : au début de la faradisation des bouts périphériques des nerfs du membre postérieur il se produit une courte rétraction de l'organe suivie d'une augmentation de volume qui persiste pendant toute la durée de l'excitation des nerfs. L'excitation cessant, la rate reprend son volume normal. Ces variations de volume s'accompagnent d'un accroissement notable du débit du sang de la veine splénique.

Il existe donc une association fonctionnelle entre la rate et les muscles.

L'activité fonctionnelle splénique est provoquée par les métabolites déversés par les muscles tétanisés dans le sang, car, si l'on pince l'artère et la veine fémorales, il n'y a plus de modifications de volume de la rate.

Enfin l'action de ces métabolites sur la rate n'est pas directe, mais se produit par l'intermédiaire du bulbe. Elle ne se manifeste plus, en effet, après section du bulbe et des nerfs pneumogastriques.

Si nous rapprochons ces résultats *in vivo* de ceux que nous avons obtenus concernant la cholestérogenèse *in vitro* dans le sérum des animaux normaux et dératés, on peut conclure que la rate joue un rôle de première importance dans la formation de la cholestérine.

De quelle nature est ce rôle ? Le sang veineux de la rate en activité, dans l'expérience que nous avons rapportée, ne contient pas plus de cholestérine

que celui de l'organe en repos. Ce n'est donc pas un enrichissement direct en cholestérine, que détermine ici la suractivité rationnelle de la rate, mais un enrichissement indirect par la transformation sous l'influence d'une sécrétion endocrine de certaines substances (acides gras) en cholestérine, comme nous l'avons montré précédemment [1].

PROTISTOLOGIE. — *La structure et le cycle évolutif des Infusoires des mues de Crustacés et leur place parmi les* Fœttingeriidæ. Note [2] de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

Minkiewicz [3], faisant connaître en 1912 les infusoires *Polyspira Delagei* et *Gymnodinioides incystans*, qu'il a découverts dans les mues de divers Crustacés décapodes, leur attribue certains caractères tout à fait aberrants pour des Ciliés : 1° un chromatophore jaune, vert ou bleu, qui leur vaudrait « une place à part » parmi les Infusoires, et justifierait l'ordre nouveau des *Ciliata chromatophora*; 2° une spire ciliaire régulière qui ferait jusqu'à 15 fois le tour du corps, d'où le nom de Spirotrichiens ou de Spirhyméniens qu'il leur applique.

Il observe une multiplication par divisions successives à l'état libre (*Polyspira*) ou sous un kyste (*Gymnodinioides*), et, dans certains cas, une conjugaison se superposant à cette multiplication : deux individus conjugués avant leur première division se scindent parallèlement et de telle manière que les individus fils restent accouplés deux à deux pendant les scissions (syndesmogamie).

Quant à l'origine des Infusoires qu'il trouve ainsi d'une manière constante dans les mues, l'auteur se demande s'ils ne procèdent pas d'un stade parasite qui aurait son siège sous l'épiderme ou dans l'estomac des hôtes.

L'étude que nous avons faite des *Spirophrya* des Copépodes [4] nous a amenés, avant même que nous ne retrouvions les Infusoires de Minkiewicz, à penser que leur « chromatophore » n'est qu'une masse alimentaire absorbée et imprégnée de pigment, que leur ciliature dérive du type à stries méridiennes multiples des Holotriches primitifs, que leur rencontre constante dans les mues doit tenir à l'existence du Cilié à l'état de kystes phorétiques sur la carapace et non à l'intérieur du Crustacé, enfin que, par l'ensemble de leurs caractères, ces Infusoires doivent prendre place avec les

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1850.

(2) Séance du 21 décembre 1925.

(3) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 513 et 733, et *Bull. Ac. Sc. Cracovie*, série B, 1913, p. 742.

(4) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1642; 180, 1925, p. 229 et 338.

Spirophrya dans la famille des *Fœttingeriidæ* telle que nous la comprenons aujourd'hui. L'étude que nous avons faite cette année à Roscoff et à Banyuls du *Gymnodinioides* et de la Polyspire d'*Eupagurus Prideauxi* nous a permis de vérifier nos vues point par point, comme il ressort de l'exposé ci-dessous du cycle évolutif.

On trouve constamment sur les branchies d'*Eupagurus Prideauxi* des kystes de deux sortes, sessiles et ellipsoïdaux, dont les uns mesurent environ 50^{μ} sur 35^{μ} et les autres environ 25^{μ} sur 15^{μ}. Ce sont les kystes phorétiques : les petits, du *Gymnodinioides*; les gros, de la Polyspire. Les uns et les autres contiennent des enclaves réfringentes colorées en violet ou en rose, comparables aux plaquettes vitellines des œufs par leur aspect, leurs caractères microchimiques et leur rôle physiologique. Elles constituent des matériaux de réserve qui seront progressivement et lentement résorbés avec précipitation, sous forme de grains, du pigment carotinoïde qui les imprègne.

Dès que la mue s'annonce, les Infusoires, sans doute impressionnés par une sécrétion des glandes cutanées, se dékystent et pénètrent entre les deux carapaces. Là, comme les *Spirophrya* dans les cadavres des Copépodes, ils se gonflent très rapidement en absorbant les sécrétions par un minime pertuis buccal. Ils accumulent les substances ainsi absorbées au centre de leur corps en une masse réfringente, vitelloïde, d'abord indivise, incolore ou imprégnée du pigment carotinoïde bleu emprunté au Pagure. C'est là le « Chromatophore » de Minkiewicz. Durant ce gonflement, la forme des petits individus phorétiques se modifie considérablement et leur ciliature, formée d'une dizaine de stries méridiennes, subit des torsions complexes et inégales que nous ne pouvons décrire ici. Il y a là une première métamorphose. Ces individus gonflés, à vitelloïde indivis, quittent la mue après 12 heures, et nagent ou rampent aux alentours. A partir de la 16e heure pour la Polyspire, la 72e pour le *Gymnodinioïdes*, commence une deuxième métamorphose : détorsion partielle avec régularisation de la ciliature et fragmentation progressive du vitelloïde central en plaquettes, qui se poursuivra durant la multiplication.

Celle-ci est une palintomie monaxiale et linéaire chez *Polyspira*, où elle s'effectue à l'état libre, triaxiale ou cubique chez *Gymnodinioides* comme chez *Spirophrya*, et s'effectuant comme chez celle-ci sous un kyste. Elle commence vers la 48e heure chez les premiers, vers la 72e heure chez les seconds et met, chez l'un et l'autre, une douzaine d'heures à s'effectuer. Elle a été très bien décrite par Minkiewicz ainsi que la conjugaison qui souvent s'y superpose. Les petits individus, mis en présence des Pagures, se fixent sur les branchies, bourrés de plaquettes qui ont la couleur de la masse vitelloïde initiale.

Outre les différences signalées ci-dessus dans leur palintomie, le *Gymno-*

dinioides et la Polyspire en offrent d'autres importantes dans leur morphologie, que Minkiewicz a méconnues et que nous ne pouvons décrire ici. Signalons seulement l'existence de trichocystes chez *Polyspira*, qui font défaut chez *Gymnodinioides*, et par contre la présence chez celui-ci d'une rosace analogue à celle des *Fœttingeria* (Caullery et Mesnil) et des *Spirophrya*, absente chez *Polyspira*.

Mais ce ne sont là que des différences génériques. Dans leurs grandes lignes, la morphologie et le cycle évolutif des Infusoires des mues de Pagures sont identiques à ce que nous ont montré les *Spirophrya* : kystes phorétiques éclosant à la mort et s'accroissant dans le cadavre chez celle-ci; éclosant à la mue et s'accroissant dans ses secrétions chez ceux-là ; absorption des aliments chez les uns et les autres par une bouche minime, accumulation de ces aliments en un vitellus central qui a la propriété de fixer électivement les pigments carotinoïdes du Crustacé, et qui se fragmente progressivement en plaquettes au cours de la multiplication. Ciliature à stries multiples méridiennes, mais toujours plus ou moins tordue en hélice. Multiplication palintomique se compliquant souvent de sexualité, conjugaison remarquable par l'exemple qu'elle offre d'une dissociation entre l'accouplement très précoce et l'activité nucléaire, qui sont séparés par toute la série et la durée des scissions palintomiques.

PROTISTOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif de* Pleistophora periplanetæ. Note de M. **Jivoin Georgévitch**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note précédente [1], j'ai décrit la spore de *Pleistophora periplanetæ*, sporozoaire vivant dans les tubes de Malpighi de la Blatte. Dans cette Note, je veux décrire la marche de la schizogonie et de la sporogonie, telle qu'elle résulte de mes recherches.

On trouve souvent des Blattes dont les tubes de Malpighi sont littéralement bourrés de ces parasites à tous les degrés de leur évolution, ou bien arrivés au terme final, aux spores. Le nombre énorme de ces parasites dans les tubes de Malpighi s'explique bien par les différents aspects de multiplication schizogonique, lesquels tous concourent à un même but, à l'auto-infection.

A la base de la schizogonie, se trouve un élément sphérique, uninucléé, mesurant $1^{\mu},5$-$2^{\mu},5$. Il montre un protoplasme bien homogène au centre duquel se trouve un noyau vésiculeux bien différencié, avec une membrane et un caryosome de position plus ou moins centrale. Ces éléments uninucléés qui ne diffèrent en rien des éléments initiaux des Myxo et Micro-

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1191.

sporidies, si ce n'est par leur petitesse, représentent des pansporoblastes qui se multiplient par divisions très souvent répétées pour former de petits amas. En se séparant, chaque pansporoblaste peut suivre des voies différentes et peut revêtir ainsi les aspects divers de la schizogonie. Le pansporoblaste isolé, ou bien s'accroît démesurément pour devenir un plasmode plus ou moins grand au sein duquel se multiplient les noyaux et se passent les phénomènes de la schizogonie en même temps que ceux de la sporogonie, — ou bien, tout en s'accroissant, ce pansporoblaste se morcelle en autant d'éléments uninucléés qu'il y a eu de noyaux, — ou bien enfin le plasmode agrandi bourgeonne, ou bien le plasmode tout entier se morcelle en deux ou plusieurs parties plurinucléées (plasmotomie).

L'aspect de toutes ces images a été plus ou moins bien vu et interprété par Perrin (1906), Schiwago (1909), Epstein (1911), Swarcewsky (1914). Mais les structures cytologiques ont été le plus souvent méconnues, malgré la certitude avec laquelle ces auteurs ont présenté leurs résultats. Ainsi nos préparations laissent nettement voir les structures normales des noyaux et du protoplasme dans tous les cas où, chez nos devanciers, il y a disparition des noyaux ou, à leur place, réseau chromidial sans noyaux bien différenciés. Il s'ensuit que toutes les spéculations qu'on a faites sur le rôle de ces chromidies et de la chromidiogamie, de même que de la reconstruction des noyaux aux dépens de ces chromidies, ne correspondent pas à la réalité. En les étudiant, on voit bien que ces auteurs étaient sous l'influence de la théorie chromidiale, laquelle, d'après les dernières recherches, n'a pas la valeur que ses fondateurs ont voulu lui attribuer. De même le fait énoncé par Schiwago de l'association et même de la fusion des plasmodes jusqu'alors séparés, ne repose pas sur des faits réels.

Les plasmodes laissent nettement apercevoir l'ectoplasme hyalin et l'entoplasme plus ou moins granuleux. Ces granules, que d'autres ont reconnu de nature de volutine et qui peuvent être de taille différente, quelquefois plus grands que les noyaux, ont joué un assez grand rôle dans l'explication de la constitution de ces êtres, et quelques auteurs n'ont pas hésité à les identifier avec les noyaux capsulogènes, voire même avec les noyaux valvaires des autres Microsporidies. Sur les coupes des tubes de Malpighi parasités, en voit bien les pseudopodes par lesquels se fixent les plasmodes aux parois des tubes ou les uns sur les autres. Mais, dans aucun cas, je n'ai vu une forme quelconque intracellulaire. A aucun moment de son évolution, ce parasite n'est intracellulaire.

La sporogonie également se passe tout autrement que nos devanciers ne l'ont décrit. Ici aussi, il existe une grande diversité de vues.

Tout d'abord il est à constater qu'il y a des formations monosporées comme aussi polysporées. Ainsi un pansporoblaste une fois formé peut

entrer de suite dans la voie de la sporogonie (monosporée) ou plus tard, après avoir multiplié ses noyaux. Dans un pansporoblaste qui va devenir une spore, après une phase de croissance, ce noyau se divise plusieurs fois pour atteindre le nombre six. Cinq de ces noyaux s'entourent de protoplasme pour devenir deux cellules valvaires, une cellule capsulogène et deux gamètes. Le sixième noyau, situé dans le peu de protoplasme non différencié, représente le noyau végétatif. Dans le cas de formation polysporée, tout se passe de la même manière que nous avons récemment décrit pour *Coccomyxa*. Ainsi s'explique le grand nombre de spores formé dans le même plasmode tel qu'on l'observe le plus souvent à l'intérieur des tubes de Malpighi.

Le phénomène sexuel d'après cela ne peut être qu'une autogamie, qui doit s'exercer vers la fin de la sporulation, comme chez les Myxosporidies les mieux étudiées.

De tout ce qui précède, on voit que les phénomènes schizogoniques et la sporogonie se passent comme chez les Myxosporidies. Nous avons déjà montré la similitude de leurs spores. Ainsi donc, à l'opposé de tout ce qui a été dit jusqu'à présent sur ce sujet, nous trouvons que ce parasite, tout en revêtant l'aspect microsporidien, est en réalité très proche des Myxosporidies, surtout des *Coccomyxidæ*. A en juger d'après les dessins des spores d'*Ichthyosporidium* de Swarcewsky, il existe une similitude frappante avec notre *Pleistophora*. Cette similitude a conduit Swarcewsky à ranger ces deux êtres dans les *Haplosporidies*.

En se basant sur les affinités étroites de tous ces êtres, on peut les grouper dans l'ordre de *Crypturosporidia*, qu'on peut placer entre les Myxosporidies et les Microsporidies. Ces êtres présentent avec les Microsporidies les affinités les plus étroites par l'aspect de la spore et le développement.

Ce sont donc des Sporozoaires monosporés ou polysporés, vivant librement dans les cavités organiques ou formant des kystes, sans jamais passer par le stade intracellulaire, comme c'est le cas pour les vraies Microsporidies.

A $16^h 15^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.